

# **KESAN AIR TERHADAP DANDANAN PERMUKAAN**

**MUHAMMAD NAIM BIN ABD WAHAB**

**Laporan ini dikemukakan sebagai memenuhi  
sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam**

**Fakulti Kejuruteraan Awam  
Universiti Teknologi Malaysia**

**OKTOBER 2004**

Teristimewa untuk ayah, emak dan keluarga yang disayangi

## PENGHARGAAN

“Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Mengasihani”. Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Illahi kerana dengan kasih sayang-Nya dan dengan limpah kurnia-Nya, Projek Sarjana Muda saya dapat disiapkan dengan baik dan jayanya.

Terima kasih saya ucapkan kepada Tuan Haji Che Ros sebagai penyelia dalam Projek Sarjana Muda ini yang banyak membantu menjayakan kajian ini dan memberi nasihat serta tunjuk ajar yang berfaedah. Terima kasih juga kepada En Kamarul Azlan pensyarah di Jabatan Hidrologi yang membantu dari segi data hujan. Juga kepada semua staf Makmal Jalan Raya dan Lalulintas, dan staf Makmal Hidrologi. Tanpa tunjuk ajar mereka, siapalah saya.

Tidak lupa juga kepada ahli keluarga saya terutamanya emak dan ayah yang banyak memberikan dorongan dan sokongan untuk saya menyiapkan projek ini. Terima kasih atas segala-galanya. Berkat doa dan harapan emak dan ayah memberikan kekuatan kepada saya untuk berusaha dengan lebih bersungguh-sungguh.

Dikesempatan ini juga, saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan di atas segala bantuan dan sokongan yang telah diberikan. Akhir sekali, saya mengharap projek ini memberikan manfaat kepada semua pembaca terutamanya mahasiswa universiti khususnya. Semoga budi dan jasa baik yang telah disumbangkan oleh semua akan mendapat balasan yang setimpal dari Allah s.w.t, insya Allah.

## ABSTRAK

Dandanan permukaan merupakan kaedah penyenggaraan jalan yang mudah, efektif, dan berkos rendah sekiranya perancangan dan pembinaannya dilakukan dengan cara yang betul. Walaubagaimanapun, masalah agregat tertanggal dari permukaan jalan sering berlaku akibat daya pengikatan yang lemah antara pengikat dan agregat. Hujan yang turun semasa pembinaannya adalah salah satu punca berlakunya masalah ini. Kajian ini tertumpu kepada kesan air yang berpunca dari hujan terhadap dandanan permukaan dengan melakukan ujian vialit. Sebelum ujian vialit dilakukan, ujian-ujian terhadap sifat agregat dilakukan untuk memastikan agregat yang digunakan mematuhi syarat yang ditetapkan dalam *Standard Specification for Road Works* yang diterbitkan oleh Jabatan Kerja Raya Malaysia. Setelah lulus ujian-ujian tersebut, ujian vialit dilakukan dengan menggunakan agregat bersaiz 14mm. Terdapat dua jenis sampel agregat yang disediakan dalam ujian ini, iaitu agregat tidak bersalut dan pra-salut. Kedua-dua jenis sampel agregat ini disediakan untuk mengetahui perbezaan kesan air diantara kedua-duanya, kerana dipercayai agregat bersalut mempunyai daya pengikatan yang lebih baik untuk melawan kesan tindakan air. Bitumen penusukan 80-100 digunakan sebagai bahan pengikat utama dalam kajian ini, manakala bitumen emulsi kationik digunakan sebagai agen penyalutan. Kesemua sampel dalam ujian vialit dikenakan hujan tiruan selama 15 minit, dengan kelembatan yang berbeza. Semua keputusan ujian vialit direkodkan, kemudian dianalisis. Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai rekatan antara pengikat dan agregat, serta menilai samaada agregat pra-salut berjaya untuk melawan kesan tindakan air. Setelah selesai ujian vialit didapati agregat pra-salut lebih baik nilai perekatannya berbanding agregat tidak bersalut. Walaubagaimanapun agregat pra-salut juga gagal dalam ujian vialit dengan kelembatan hujan yang tinggi.

## ABSTRACT

Surface dressing is a simple, highly effective and inexpensive road surface treatment if adequate cares taken in the planning and execution of the work. However, the problem loss of chippings always happens and caused by the weak bond between the binder and chippings. Wet weather during construction can cause stripping between the binder and chippings. This study is mainly concerned on the effect of wet weather on surface dressing by performing vialit test. Before conducting the vialit test, test of chippings have to be perform to ensure that materials used are suitable and meet the requirements stated in Standard Specification for Road Works published by Jabatan Kerja Raya Malaysia. After passing the tests, vialit test was carried out using 14mm chippings. There are two types of chipping used, namely without and with pre-coated chippings. Both samples were used to determine the effect of water on surface dressing. Pre-coated chipping believed to have better resistance against action of water. Penetration grade 80-100 bitumen was used as binder and cationic bitumen emulsion us as coating agent. All samples were exposed to simulated rain for the duration of 15 minutes, with different intensity. All result recorded and analyzed in this vialit test. The adhesivity values of uncoated and pre-coated chippings against water were determined after the analysis. Results show that, pre-coated chippings have better adhesivity value compare to uncoated chippings. However, pre-coated chippings also fail in vialit test with higher rain intensity.

## KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SINGKATAN	xii
	SENARAI LAMPIRAN	xiii
<b>I</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>1</b>
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Kenyataan Masalah	2
	1.3 Matlamat Kajian	2
	1.4 Objektif Kajian	3
	1.5 Skop Kajian	3
	1.6 Kepentingan Kajian	4
<b>II</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	<b>5</b>
	2.1 Latar Belakang Dandanan Permukaaan	5
	2.2 Kegunaan Dandanan Permukaan	6
	2.3 Jenis-Jenis Dandanan Permukaan	7
	2.4 Prinsip Reka Bentuk	7

2.5	Bahan-Bahan Dandanan Permukaan	9
2.5.1	Bitumen	9
2.5.2	Bahan Tambah Bitumen	10
2.5.3	Agregat	11
2.6	Penyalutan Agregat	12
2.6.1	Penyalutan Agregat Menggunakan Bitumen Emulsi	12
2.6.2	Penyalutan Agregat Menggunakan Bitumen Cutback	13
2.7	Masalah-Masalah Dandanan Permukaan	14
2.8	Bentuk-Bentuk Kegagalan Dandanan Permukaan	15
2.9	Taburan Hujan Malaysia	15
2.10	Faktor-Faktor Yang Mengurangkan Kualiti dan Jangka Hayat Dandanan Permukaan	16
2.10.1	Air Punca Kerosakan	17
2.10.2	Masalah Agregat Tertanggal	18
<b>III</b>	<b>METODOLOGI KAJIAN</b>	<b>19</b>
3.1	Pengenalan	19
3.2	Kerja-Kerja Makmal	20
3.3	Penyediaan Bahan	20
3.3.1	Bitumen	21
3.3.2	Agregat	21
3.4	Ujian Agregat	21
3.4.1	Analisis Ayakan	21
3.4.1.1	Teori	21
3.4.1.2	Radas Ujian	22
3.4.1.3	Prosedur Ujian	23
3.4.2	Ujian Indek Kepingan	24
3.4.2.1	Teori	24
3.4.2.2	Radas Ujian	24
3.4.2.3	Prosedur Ujian	24
3.4.3	Ujian Salutan dan Tanggapan	25



3.4.3.1	Teori	25
3.4.3.2	Radas Ujian	25
3.4.3.3	Prosedur Ujian	26
3.4.4	Ujian Salutan dan Tanggalkan	26
3.4.4.1	Teori	26
3.4.4.2	Radas Ujian	27
3.4.4.3	Prosedur Ujian	27
3.5	Reka Bentuk Campuran	28
3.6	Ujian Vialit	30
3.6.1	Teori	30
3.6.2	Radas Ujian	30
3.6.3	Prosedur Ujian	32
3.7	Kaedah Analisis	33
<b>IV</b>	<b>DATA DAN ANALISIS</b>	<b>34</b>
4.1	Pengenalan	34
4.2	Analisis Ayakan	34
4.3	Ujian Indek Kepingan	36
4.4	Ujian Salutan dan Tanggalkan	36
4.5	Ujian Vialit	38
4.5.1	Analisis Keputusan	41
<b>V</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>43</b>
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Cadangan	44
	<b>SENARAI RUJUKAN</b>	<b>45</b>
	Lampiran A - I	47 - 60



**SENARAI JADUAL**

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Had Gred Untuk Dandanan Permukaan	12
3.1	Had Gred Untuk Campuran Dandanan Permukaan	22
3.2	Kaedah Analisis	33
4.1	Keputusan Analisis Ayakan	35
4.2	Keputusan Ujian Indek Kepingan	36
4.3	Keputusan Ujian Vialit	39

**SENARAI RAJAH**

<b>NO. RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Jenis-Jenis Dandanan Permukaan	8
3.1	Radas Analisis Ayakan	23
3.2	Model Air Larian Lebat Hujan	29
3.3	Radas Ujian Vialit	31
4.1	Carta Ayakan	35
4.2	Agregat Bersalut Bitumen Penusukan	37
4.3	Agregat Bersalut Bitumen Emulsi	38
4.4	Sampel Agregat Tidak Bersalut	40
4.5	Sampel Agregat Pra-salut	40
4.6	Keputusan Ujian Vialit	42

## REFERENCES CITED

- AASHTO - *American Association of State Highway and Transportation  
Officials*
- ASTM - *The American Society for Testing and Materials*
- BS - *British Standard*
- ILR - *Indian Roadways*
- CRN - *Chaussée Road Note*

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Keputusan Ujian Vialit	47
B	Kes I: Ujian Vialit	54
C	Kes II: Ujian Vialit	55
D	Kes III: Ujian Vialit	56
E	Spesifikasi Bitumen Emulsi Kationoik	57
F	Spesifikasi Bitumen Penusukan 80-100	58
G	Keputusan Ujian Nilai Penggilapan Batu	59
H	Keputusan Ujian Nilai Penghancuran Agregat	60
I	Keputusan Ujian Ketahanan	60

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pendahuluan**

Malaysia memerlukan sistem pengangkutan yang dapat memberi perkhidmatan yang sistematik, selesa dan selamat kepada pengguna jalan raya. Sistem pengangkutan yang sempurna, cekap lagi berkesan menjadi prasyarat untuk merangsang pertumbuhan sosio ekonomi dan perindustrian sesebuah negara. Pertambahan bilangan penduduk secara langsung menyebabkan pertambahan milikan kenderaan dan ini menyebabkan jalan raya yang berkualiti tinggi perlu disediakan.

Walaupun bagaimanapun, penyelenggaraan jalan raya perlu dilakukan untuk memastikan ianya kekal selesa, selamat dan berkualiti. Ini kerana jalan raya sering mengalami kegagalan dan kecacatan pada permukaannya seperti retakan, ubahbentuk permukaan, kecacatan permukaan, pengkawah dan kecacatan pinggir. Kegagalan dan kecacatan ini berpunca daripada faktor iklim, kesan penggunaan kenderaan dan usia jalan. Pelbagai kaedah diperkenalkan untuk mengatasi masalah ini antaranya penstoran semula, penurapan semula, penggunaan semula dan pembinaan semula.

Dandanan permukaan merupakan salah satu teknik dalam penstoran semula yang efisien dan efektif dari segi kos dan masa pembinaannya. Dandanan permukaan secara umumnya ialah kaedah rawatan yang menutupi permukaan jalan dengan lapisan nipis pengikat dan lapisan agregat. Lapisan pengikat ini terdiri daripada bitumen atau tar atau campuran kedua-duanya (Nelson dan Hardman, 1980).

## **1.2 Kenyataan Masalah**

Dandanan permukaan merupakan kaedah penyenggaraan yang efisien dan efektif dari segi kos dan masa pembinaannya serta mempunyai cara kerja yang mudah sekiranya perancangan dan pembinaannya dilakukan dengan cara yang betul.

Walaupun bagaimanapun, dandanan permukaan juga mempunyai kelemahannya yang tersendiri. Kelemahan utama dandanan permukaan ialah agregat mudah tercabut dari permukaan jalan akibat daya pengikatan yang lemah antara bitumen dan agregat. Daya pengikatan yang lemah ini berpunca akibat keadaan cuaca yang panas atau hujan, cara pembinaan yang tidak mengikut spesifikasi, dan pembukaan kepada trafik terlalu awal serta kelajuan kenderaan yang tinggi di awal pembukaannya (Mayel, 2000).

Untuk mengelakkan masalah agregat tercabut dari permukaan jalan, perhatian serius perlulah diberikan terhadap ramalan cuaca terutamanya hujan, mematuhi cara kerja dan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Jabatan Kerja Raya Malaysia, dan had laju kenderaan perlu dikawal di awal masa pembukaannya. Disamping itu dandanan permukaan agak lemah jika digunakan pada kawasan-kawasan tertentu seperti di persimpangan bulatan, kawasan bukit, jalan yang tidak lurus dan jalan yang membawa kapasiti trafik yang besar. Oleh yang demikian pembinaan dandanan permukaan di kawasan-kawasan tersebut haruslah dielakkan.

## **1.3 Matlamat Kajian**

Matlamat utama kajian ini ialah untuk mengetahui kesan air hujan serta kekebatannya terhadap dandanan permukaan. Walaupun kerja pembinaan dandanan permukaan boleh dielakkan pada hari hujan, kajian dilakukan untuk mengkaji sejauh mana tahap kerosakan dan kekebatan hujan yang akan menyebabkan kerosakan terhadap dandanan permukaan.

Kajian ini dijalankan dengan menyediakan dua jenis sampel agregat, iaitu agregat yang tidak bersalut dan agregat pra-salut. Kedua-dua sampel ini disediakan bertujuan untuk mengetahui perbezaan kesan air hujan dan menilai sampel agregat yang lebih baik untuk melawan kesan tindakan air.

Ini kerana penggunaan agregat pra-salut dipercayai dapat memberi daya pengikatan awal yang baik (Nelson dan Hardman, 1980). Agregat akan disalut menggunakan bitumen emulsi dan diharapkan kajian ini akan membawa manfaat kepada industri pembinaan jalan raya di Malaysia.

#### **1.4 Objektif Kajian**

Objektif kajian bagi projek sarjana muda ini ialah :

- i. Mengkaji kesan air dari hujan dari segi kelebatannya ke atas dandanan permukaan pada tiga keadaan hujan, iaitu hujan selepas penyemburan bitumen tetapi sebelum agregat dihampar dan dipadatkan, hujan selepas penghamparan agregat tetapi sebelum dipadatkan dan hujan selepas agregat dihampar dan dipadatkan; dan
- ii. Mengkaji kesan penggunaan agregat pra-bersalut (*pre-coated*) dalam dandanan permukaan dalam melawan kesan tindakan air hujan.

#### **1.5 Skop Kajian**

Air yang berpunca dari hujan diketahui antara penyebab utama kepada masalah agregat tertanggal pada dandanan permukaan. Untuk menghasilkan kajian yang baik skop kajian perlu dinyatakan.

Skop kajian ini adalah untuk mengkaji kesan air dari hujan serta kelebatannya, terhadap dandanan permukaan dengan menjalankan ujian vialit. Hujan tiruan akan dikenakan pada sampel kajian dengan menggunakan model hubungan air



larian lebat hujan yang berada di Makmal Hidrologi, Fakulti Kejuruteraan Awam. Sebelum ujian vialit dijalankan sifat agregat hendaklah diketahui dengan menjalankan analisis ayakan, ujian indek kepingan, dan ujian salutan dan tanggapan, untuk memastikan agregat yang dipilih mempunyai ciri-ciri yang dikehendaki.

Walaupun diketahui banyak lagi punca agregat tertanggal pada dandanan permukaan seperti usia jalan, trafik, cara kerja yang salah, dan lain-lain, akibat kesuntukan masa, kesan-kesan lain yang menyebabkan agregat tertanggal adalah di luar skop kajian ini. Selain sifat agregat, sifat bitumen juga perlu diketahui. Ujikaji bagi mengetahui sifat bitumen juga adalah diluar skop kajian. Walaubagaimanapun data bagi sifat bitumen diambil dari pihak pengeluar untuk dijadikan rujukan.

## **1.6 Kepentingan Kajian**

Kajian yang dijalankan diharap dapat membantu dan mendatangkan manfaat kepada industri pembinaan jalan raya di Malaysia terutamanya dari segi kos yang efektif dan cara pembinaan dandanan yang betul dan tepat. Kajian ini juga dapat memberi maklumat kebaikan menggunakan dandanan permukaan sebagai kaedah rawatan yang berkesan terhadap struktur permukaan jalan.

Kajian yang dijalankan diharap dapat memberi gambaran yang jelas mengenai kesan air hujan serta kelebatannya terhadap dandanan permukaan yang menggunakan agregat pra-salut (*pre-coated chipping*). Agregat yang bersalut dipercayai dapat mengurangkan kesan buruk tindakan air terhadap dandanan permukaan (Nelson dan Hardman, 1980).

Disamping itu, kajian ini dapat memberi maklumat tentang keadaan yang sesuai untuk melakukan pembinaan dandanan permukaan samada kerja pembinaan diteruskan atau diberhentikan sekiranya hujan turun. Ianya bertujuan mengelak kerugian dari segi kos, masa, dan tenaga sekiranya dandanan permukaan tersebut mengalami kerosakan ketika semasa proses pembinaanya.

## **BAB II**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1 Latar Belakang Dandanan Permukaan**

Dandanan permukaan merupakan kaedah rawatan yang sesuai untuk digunakan pada semua jenis jalan sama ada jalan luar bandar yang membawa bilangan kenderaan yang sedikit atau jalan besar dan lebuh raya yang mempunyai kapasiti kenderaan yang besar. Ia merupakan kaedah rawatan yang berkos rendah dan mempunyai cara kerja yang mudah (Nelson dan Hardman, 1980).

Dandanan permukaan terdiri daripada lapisan nipis pengikat, samada bitumen atau tar di mana ianya disembur keatas permukaan jalan kemudiannya dilindungi dengan lapisan agregat. Lapisan pengikat berperanan melindungi permukaan jalan daripada dimasuki air, manakala lapisan agregat berperanan melindungi lapisan pengikat dari kerosakan akibat tayar kenderaan, meningkatkan daya tahan gelinciran dan tindakan habuk (ORN 3, 2000).

Dandanan permukaan dapat menyediakan permukaan yang berkesan dan menjimatkan untuk digunakan sebagai permukaan jalan bagi jalan baru yang hendak dibina. Jalan sedia ada yang membawa kapasiti melebihi 1000 kenderaan/ lorong/ hari apabila menggunakan dandanan permukaan jenis berganda, telah dapat berfungsi dengan berjaya. Reka bentuk dan cara pembinaan yang betul, dapat menyediakan dandanan

permukaan sekurang-kurangnya lima tahun sebelum rawatan susulan dilakukan (ORN 3, 2000).

## **2.2 Kegunaan Dandanan Permukaan**

Dandanan permukaan merupakan kaedah rawatan permukaan jalan yang mempunyai pelbagai kegunaan. Tiga kegunaan utama dandanan permukaan ialah (ORN 3, 2000):

- i. Menghalang kemasukan air ke atas permukaan jalan. Digunakan untuk menutup lubang atau retak yang terdapat pada permukaan jalan supaya air pada permukaan jalan tidak dapat menembusi ke dalam struktur turapan jalan;
- ii. Menghalang tanggapan agregat; Menyediakan ikatan yang kuat diantara pengikat dan bitumen pada permukaan jalan; dan
- ii. Menghalang gelinciran ke atas lapisan haus. Digunakan untuk memberi permukaan yang kesat dan tidak gelincir pada permukaan jalan terutamanya pada cuaca buruk (hujan).

Dandanan permukaan sepatutnya dapat menyediakan permukaan jalan yang rata dan baik untuk keselesaan pengguna jalan raya disamping mengekalkan kekuatan struktur permukaan jalan. Penggunaan agregat yang sesuai dengan kapasiti trafik yang hendak ditanggung seharusnya diberi perhatian yang kritikal supaya ianya dapat berfungsi dengan baik (ORN 3, 2000).

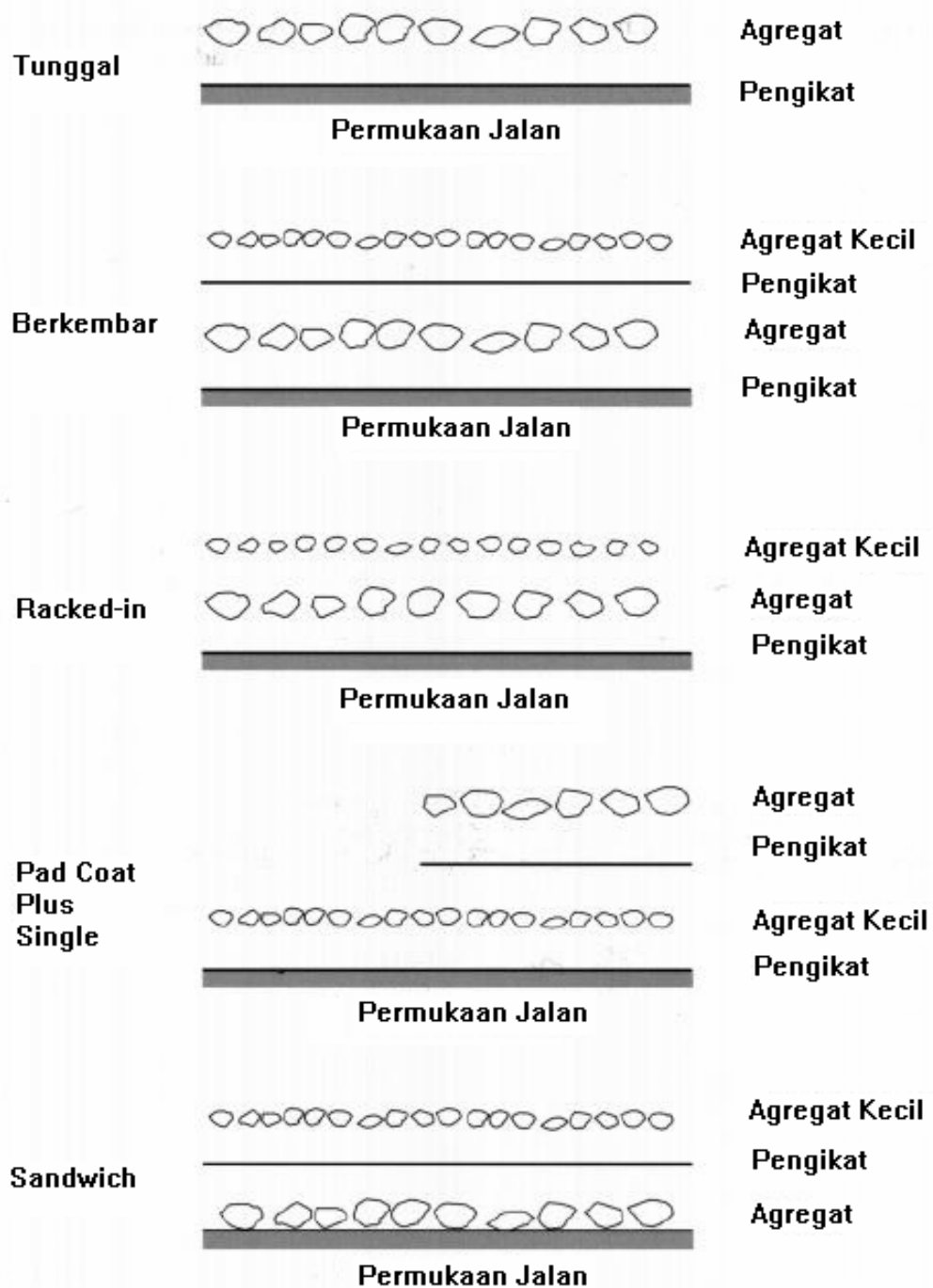
## 2.3 Jenis-Jenis Dandanan Permukaan

Dandanan permukaan boleh dibina dengan pelbagai jenis dan kaedah. Terdapat lima jenis dandanan permukaan yang selalu digunakan dan ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Lima jenis dandanan permukaan tersebut ialah (ORN 3, 2000) :

- i. *Tunggal*- ianya selalu digunakan sebagai kaedah rawatan untuk permukaan jalan yang sedia ada untuk menutup rekahan, menyediakan permukaan kalis air dan menghalang gelinciran;
- ii. *Berkembar*- ianya selalu digunakan pada permukaan jalan yang baru dibina dan memaksimumkan ketahanan jalan serta meminimumkan kekerapan rawatan ke atas jalan tersebut;
- iii. *Racked-in*- ianya seakan-akan jenis tunggal tetapi ditambah agregat kecil di atasnya. Dandanan permukaan jenis ini sesuai digunakan pada jalan yang membawa kapasiti trafik yang besar dan laju;
- iv. *Pad Coat Plus Single*- ianya pada permukaan jalan sedia ada yang mempunyai kekerasan jalan yang rendah; dan
- v. *Sandwich*- ianya selalu digunakan untuk menghalang penyaliran bitumen di atas jalan.

## 2.4 Prinsip Reka Bentuk

Permukaan jalan yang hendak di rawat dengan menggunakan kaedah dandanan permukaan seharusnya direka bentuk mengikut prinsip reka bentuk asalnya supaya ianya boleh berkhidmat dengan baik dalam jangka hayat yang telah ditetapkan. Elemen-elemen dalam prinsip reka bentuknya ialah perancangan, penyediaan, rawatan, dan kerja lepas rawatan (Nelson dan Hardman, 1980).



**Rajah 2.1** Jenis-Jenis Dandanan Permukaan (adaptasi daripada ORN 3, 2000)

Perancangan merangkumi kerja siasatan tapak, pemilihan bahan dan peralatan, skim pengurusan trafik, dan program kerja. Kemudian kerja penyediaan dilakukan merangkumi penyediaan permukaan, penghantaran dan penyimpanan bahan, ujian terhadap bahan dan peralatan. Selepas kerja penyediaan dilakukan, kerja rawatan boleh dimulakan. Kerja rawatan merangkumi pembersihan dan memperelok pinggir jalan, kawalan trafik, melindungi hasil kerja, penggunaan pengikat dan agregat, contoh hamparan pengikat dan agregat, pemadatan, dan menyapu untuk membuang lebihan agregat. Selepas kerja rawatan dilakukan kerja lepas rawatan perlu dijalankan untuk memastikan keadaan dandanan permukaan jalan tidak mengalami kegagalan. Kerja lepas rawatan merangkumi mengawal aliran trafik dan menyapu berterusan, penyiasatan tapak untuk mengesan kegagalan, kerja rawatan dan pemeriksaan akhir, dan melengkapkan rekod.

## **2.5 Bahan-Bahan Dandanan Permukaan**

### **2.5.1 Bitumen**

Bitumen dalam dandanan permukaan berfungsi untuk mengikat agregat-agregat antara satu sama lain supaya ianya tidak mudah tercabut dari permukaan jalan. Bitumen juga berfungsi menyediakan satu lapisan kalis air yang baik. Bitumen ditakrifkan sebagai bahan yang boleh wujud dalam bentuk pepejal ataupun cecair (Mayel, 2000).

Bitumen boleh didapati dalam warna berlainan iaitu hitam atau kegelapan, mempunyai kualiti rekatan dan larut dalam karbon disulfida. Unsur-unsur yang terdapat dalam bitumen ialah karbon (80-85%), hidrogen (10%), sulfur (1-5%), nitrogen (1%), dan oksigen (<1%) (Mayel, 2000). Mengikut *Standard Specification For Road Works* (JKR, 1988), bitumen yang digunakan untuk kerja dandanan permukaan mestilah terdiri daripada bitumen penusukan, atau bitumen cutback, atau bitumen emulsi.

Bitumen penusukan mestilah terdiri daripada gred 80-100 berdasarkan M.S. 124. Manakala bagi bitumen cutback mestilah terdiri daripada gred RC-70 atau MC-70 berdasarkan M.S. 159. Bagi bitumen emulsi mestilah terdiri daripada set cepat yang bergred RS-1, RS-2, RS-2K atau RS-3K berdasarkan M.S. 161. Gred emulsi yang dipilih boleh terdiri daripada anionik atau kationik bergantung kepada jenis agregat yang digunakan dan diakui oleh pegawai tapak.

### **2.5.2 Bahan Tambah Bitumen**

Mengikut Standard Specification For Road Works (JKR, 1988), bahan tambah dan agen anti tanggalan untuk bitumen mestilah digunakan sekiranya diarah dan diakui oleh pegawai tapak. Bahan tambah mestilah terdiri dari jenis telah diakui oleh pegawai tapak dan kuantiti bahan tambah yang diperlukan hendaklah dicampurkan kedalam bitumen berdasarkan arahan pengeluaran ataupun arahan pegawai tapak.

Bahan tambah yang biasa digunakan berasal daripada kumpulan polimer. Polimer terbahagi kepada dua jenis iaitu polimer sintetik dan polimer semulajadi. Polimer sintetik dihasilkan melalui proses kimia dengan menggabungkan molekul-molekul secara buatan. Contoh polimer sintetik ialah *Styrene Butadiene Styrene* (SBS) dan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA). Polimer semulajadi kebanyakan berorganik atau mempunyai kompenen mineral. Contoh polimer semulajadi ialah getah, sulfur dan simen (Mayel, 2000).



### 2.5.3 Agregat

Agregat memainkan peranan penting dalam kerja turapan untuk menyediakan struktur saling mengunci, menanggung beban lalu lintas dan menyalurkan beban struktur ke lapisan bawah (Othman, Mohd Rosli, dan Che Ros, 2001).

Mengikut Standard Specification For Road Works (JKR, 1988), untuk dandanan permukaan satu lapisan, saiz agregat penutupnya mestilah terdiri dari 20mm, 14mm, 10mm, atau 6mm. Manakala untuk dandanan permukaan dua lapisan, agregat penutup bagi lapisan pertama terdiri dari saiz 20mm, manakala untuk lapisan kedua saiz agregat penutupnya mestilah bersaiz 10mm.

Agregat penutup mestilah mempunyai sifat pelindung, batuan hancur, dan dipastikan bersih, kering, keras, kuat, tahan, bersudut tajam dan berbentuk kiub serta bebas dari tumbuhan dan bahan organik, dan tanah liat. Habuk pada agregat hendak dibasuh sehingga bersih. Agregat penutup mestilah memenuhi keperluan fizikal dan mekanikal seperti berikut:

- i. bahan bitumen yang digunakan dalam kerja pembinaan dan sekiranya ada bahan penambah, kawasan bersalut dalam ujian salutan dan tanggapan mengikut kaedah ujian AASHTO T: 182, mestilah tidak kurang daripada 95%;
- ii. Nilai penghancuran agregat setelah diuji dengan kaedah M. S. 30, mestilah tidak melebihi 30%;
- iii. Nilai kehilangan purata berat berdasarkan ujian ketahanan dalam sodium sulfat (lima pusingan) mengikut kaedah ujian AASHTO: T 104, mestilah tidak melebihi 12%;
- iv. Index kepingan setelah diuji dengan kaedah M. S. 30, mestilah tidak melebihi 25%;
- v. Nilai penggilapan batu setelah diuji mengikut kaedah M. S. 30, mestilah tidak kurang 40%; dan
- vi. Nilai penggredan agregat mestilah seperti ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

**Jadual 2.1:** Had Gred Untuk Dandanan Permukaan (*Standard Specification For Road Works*, 1998)

Saiz Ayakan B.S	Peratusan jisim yang melepasi ayakan			
	Agregat 20 mm Nominal	Agregat 14 mm Nominal	Agregat 10 mm Nominal	Agregat 6 mm Nominal
25 mm	100	-	-	-
20 mm	85 - 100	100	-	-
14 mm	0 - 20	85 - 100	100	-
10 mm	-	0 - 20	85 - 100	100
6.3 mm	-	-	0 - 25	85 - 100
4.75 mm	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 25
2.36 mm	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 10

## 2.6 Penyalutan Agregat

Agregat pra-salut dipercayai dapat menghalang kerosakan akibat kesan tindakan air. Penyalutan agregat dapat memberi kekuatan awal lekatan antara bitumen dan agregat untuk mendapatkan dandanan permukaan yang berkualiti tinggi. Terdapat dua kaedah yang biasa digunakan untuk penyalutan agregat iaitu menggunakan bitumen emulsi dan menggunakan bitumen cut-back (TRANSIT, 1996).

### 2.6.1 Penyalutan Agregat Menggunakan Bitumen Emulsi

Bitumen emulsi terbahagi kepada dua, iaitu jenis anionik dan jenis kationik. Kedua-dua jenis bitumen emulsi ini boleh digunakan untuk menyalut agregat. Apabila dicampurkan bersama agregat, bitumen emulsi akan set atau pecah kerana partikel

bitumen akan bertindak dengan permukaan sentuhan lalu bergabung dan menyingkirkan air di antaranya.

Penyejatan air merupakan merupakan mekanisme utama yang memecahkan bitumen anionik manakala proses elektrokimia pula adalah mekanisme utama bagi kationik (Othman, Mohd Rosli, dan Che Ros, 2001). Penyalutan agregat boleh menggunakan samaada agen anionik atau kationik.

Bitumen emulsi jenis anionik mengandungi globul bercas negatif. Ianya terhasil apabila bila agen pengemulsi yang digunakan bercas positif iaitu dari jenis alkali. Bitumen emulsi jenis anionik sesuai digunakan bersama agregat bercas positif seperti batu kapur. Manakala bitumen emulsi jenis kationik mengandungi globul bitumen bercas positif. Ianya terhasil apabila agen pengemulsi yang digunakan bercas negatif iaitu dari jenis berasid. Bitumen emulsi jenis kationik sesuai digunakan bersama agregat bercas negatif seperti batu pasir, kuarza, dan agregat bersilika (Othman, Mohd Rosli, dan Che Ros, 2001).

Agregat boleh disalut dengan bitumen emulsi untuk melawan kesan tindakan air (Nelson dan Hardman, 1980). Jisim bitumen emulsi yang digunakan untuk menyalut agregat adalah bersamaan 0.6% daripada berat agregat. Apabila agregat dan bitumen emulsi dicampurkan, ianya akan dipanaskan sehingga mencapai suhu 140°C (ORN, 2003).

### **2.6.2 Penyalutan Agregat Menggunakan Bitumen Cutback**

Bitumen cutback boleh digunakan untuk kerja penyalutan agregat. Bitumen cutback apabila dicampur bersama agregat pelarut dalam bitumen akan meruap dan meninggalkan sisa bitumen pada permukaan agregat.

Bitumen cutback yang digunakan bagi penyalutan agregat dalam dandanan permukaan mestilah ditambah dengan agen pelekatan. Bitumen cutback yang dihasilkan selalunya, terdiri daripada bitumen penusukan dari gred 180-200 dicampur bersama-sama dengan minyak kerosin. Agregat hendak disalut dengan bitumen cutback mestilah berada dalam keadaan kering (TRANSIT, 1996).

## **2.7 Masalah-Masalah Dandanan Permukaan**

Kegagalan pada dandanan permukaan kebanyakannya dapat dikawal dan dihalang. Kegagalan ini membawa pelbagai masalah seperti agregat tertanggal, penjaluran dan penjujukan. Masalah utama yang berlaku terhadap dandanan permukaan ialah agregat tertanggal.

Agregat tertanggal pada dandanan permukaan menyebabkan permukaan dandanan permukaan menjadi tidak rata. Ianya dipercayai terjadi akibat masalah pelekatan antara pengikat dengan agregat. Masalah pelekatan ini berpunca dari penggunaan saiz agregat yang salah, kelikatan bitumen yang tidak sesuai, penyemburan bitumen yang tidak mengikut kadar yang telah ditetapkan, kurang mengambil perhatian terhadap ramalan kaji cuaca, dan pembukaan jalan kepada trafik terlalu awal (NAASRA, 1975).

Masalah penjaluran pula, pada dasarnya berkait rapat dengan kuantiti bitumen yang digunakan. Ianya terjadi mengikut aluran tayar kenderaan. Penjaluran boleh berlaku secara memanjang atau melintang. Manakala masalah penjujukan atau dikenali sebagai lelehan berpunca daripada cuaca yang panas. Penjujukan menyebabkan kehadiran bitumen bebas pada permukaan jalan.

## 2.8 Bentuk-Bentuk Kegagalan Dandanan Permukaan

Terdapat pelbagai bentuk kegagalan yang sering berlaku keatas dandanan permukaan. Diantara bentuk kegagalan tersebut ialah (Mayel, 2000) :

- i. Berkuping (*scabbing*), di mana pemisahan antara bitumen dan agregat berlaku;
- ii. Aluran (*tracking*), di mana lekukan berlaku memanjang pada laluan tayar kenderaan;
- iii. Terkoyak (*tearing*), di mana agregat tercabut pada akibat aliran trafik yang mempunyai kapasiti yang tinggi;
- iv. Kehausan (*fretting*), di mana kehilangan agregat secara rawak pada dandanan permukaan; dan
- v. Lekukan (*depression*), dimana kawasan arasnya lebih rendah daripada kawasan sekelilingnya.

## 2.9 Taburan Hujan Malaysia

Corak tiupan angin bermusim bersama sifat topografi lokal menentukan corak taburan hujan di Malaysia. Semasa musim timur laut, kawasan yang terdedah seperti kawasan Pantai Timur Semenanjung Malaysia, kawasan Sarawak Barat dan kawasan pantai timur laut Sabah mengalami beberapa tempoh hujan lebat. Sebaliknya, kawasan pendalaman atau kawasan yang dilindungi banjaran gunung adalah secara relatifnya bebas daripada pengaruh ini. Adalah lebih baik taburan hujan di Malaysia diterangkan mengikut musim. Perubahan hujan bermusim di Semenanjung Malaysia boleh dibahagikan kepada tiga jenis utama (Jabatan Kaji Cuaca Malaysia, 2003):

- (a) Bagi negeri-negeri di pantai timur Semenanjung Malaysia, November, Disember dan Januari merupakan bulan yang mempunyai hujan maksimum manakala Jun dan Julai merupakan bulan kering di kebanyakan negeri;

- (b) Kawasan selain kawasan pantai barat daya Semenanjung Malaysia, corak hujan menunjukkan terdapatnya dua tempoh hujan maksimum dengan dipisahkan oleh dua tempoh hujan minimum. Maksimum primer biasanya berlaku pada bulan Oktober-November manakala maksimum skunder berlaku pada bulan April-May. Di kawasan barat laut, minimum primer berlaku pada bulan Januari dan Februari manakala minimum skunder berlaku pada bulan Jun dan Julai. Di lain-lain tempat, minimum primer berlaku pada bulan Jun dan Julai manakala minimum skunder berlaku pada bulan Februari; dan
- (c) Corak hujan di kawasan pantai barat daya Semenanjung Malaysia lebih dicorakkan oleh kejadian 'Sumatras' pagi pada bulan Mei hingga Ogos di mana corak maksima dan minima berganda tidak wujud. Oktober and November adalah bulan yang mempunyai hujan maksimum manakala Februari adalah bulan yang mempunyai hujan minimum.

Malaysia mempunyai purata hujan yang tinggi iaitu 2500mm setahun di kawasan semenanjung, manakala di Sabah dan Sarawak purata hujannya ialah 3500mm setahun. Kadar kelembatan tertinggi yang pernah dicatatkan di Malaysia ialah 131mm sejam yang direkodkan di Sandakan, Sabah.

## **2.10 Faktor-Faktor Yang Mengurangkan Kualiti dan Jangka Hayat Dandanan Permukaan**

Faktor yang mengurangkan kualiti dan jangka hayat dandanan permukaan boleh dibahagikan kepada tiga kumpulan utama iaitu ciri-ciri bahan, faktor luaran, dan aplikasi penggunaan bahan. Ciri-ciri bahan terbahagi kepada dua iaitu ciri-ciri pengikat dan ciri-ciri agregat. Faktor luaran yang menyumbang kepada kegagalan pada dandanan permukaan merangkumi usia jalan, trafik, dan cuaca samaada hujan atau panas. Manakala aplikasi penggunaan bahan merangkumi kuantiti pengikat, kuantiti agregat,

berat dan jentera pemadat, dan masa pembukaan jalan selepas kerja pembinaan selesai dijalankan (Nelson dan Hardman, 1980).

Walaubagaimanapun, faktor ciri-ciri bahan dan aplikasi penggunaan bahan boleh dikawal dan ditentukan mengikut kesesuaian untuk mendapat hasil kerja yang lebih baik dan berkesan. Tetapi faktor luaran merupakan faktor yang perlu diberi perhatian yang serius dan kritikal kerana ianya tidak boleh dikawal. Cuaca merupakan faktor yang paling kritikal kerana ianya tidak boleh dikawal dan hanya boleh diramal bagi jangka masa yang terhad.

#### **2.10.1 Air Punca Kerosakan**

Walaupun teknik pembinaan dandanan permukaan dipraktikkan dengan cara yang betul kegagalan tetap berlaku oleh tindakan air akibat hujan. Kegagalan ini boleh berlaku selepas beberapa hari sahaja selepas kerja pembinaan dilakukan.

Agregat yang digunakan selalunya berada dalam keadaan lembab dan basah semasa disimpan dioloji. Lembapan tersebut tidak benar-benar hilang apabila dicampurkan bersama bitumen biasa. Tetapi dalam keadaan cuaca panas agregat yang lembab boleh kering dalam masa setengah jam. Manakala dalam keadaan cuaca yang lembab atau hujan, apabila jalan dibuka kepada trafik ini akan menyebabkan agregat tertanggal dari permukaan jalan (Mayel, 2000).

Majoriti kerosakan dandanan permukaan jalan dalam keadaan cuaca yang lembab adalah disebabkan oleh hujan yang lebat yang berlaku selepas beberapa hari kerja disiapkan. Walaupun agregat dicampurkan bersama bitumen dalam tempoh masa yang berbeza samaada satu atau dua jam ataupun tujuh hari dan lebih, ikatan antara agregat dan bitumen mudah dipengaruhi oleh tindakan air. Walaupun bitumen



mempunyai kelikatan yang mencukupi untuk menentang tindakan air, tetapi apabila dalam keadaan hujan yang lebat kegagalan tetap berlaku (ORN 3, 2003).

### **2.10.2 Masalah Agregat Tertanggal**

Waktu yang paling kritikal semasa pembinaan dandanan permukaan ialah semasa agregat dihamparkan ke atas lapisan pengikat. Semasa peringkat ini perekatan diantara bitumen dan agregat belum berlaku. Habuk dan kekotoran boleh menyebabkan agregat tertanggal serta merta. Oleh yang demikian agregat yang digunakan mestilah bebas daripada habuk dan kekotoran. Habuk selalunya terhasil semasa proses pengangkutannya ke tapak pembinaan (ORN 3, 2003).

Kesan penggunaan agregat yang berhabuk dan kotor boleh menyebabkan kegagalan yang serius pada dandanan permukaan. Kebanyakan agregat lebih menyerap air berbanding bitumen. Tambahan pula, jika hujan berlaku semasa pembinaan dandanan permukaan semasa perekatan antara agregat dan bitumen belum berlaku sepenuhnya, agregat akan tertanggal dari permukaan jalan. Hujan akan menyebabkan masalah agregat tertanggal berlaku dengan serius (Mayel, 2000).

Untuk mengelakkan masalah agregat tertanggal berlaku, agregat yang digunakan hendaklah dibasuh dan dikeringkan walaupun di tapak bina. Bagi menguatkan lagi perekatan antara agregat dan bitumen, bahan tambah atau agregat pra-salut selalu digunakan. Bahan tambah dan agregat pra-salut diakui dapat memberi perekatan yang lebih baik (Mayel, 2000).

## **BAB III**

### **METODOLOGI KAJIAN**

#### **3.1 Pengenalan**

Kajian ini bertujuan mengkaji kesan air dari hujan terhadap dandanan permukaan. Air hujan tiruan akan dikenakan dengan menggunakan model air larian permukaan yang terdapat pada Makmal Hidrologi. Kajian ini menggunakan dua jenis sampel agregat iaitu agregat yang tidak bersalut dan agregat pra-salut bitumen emulsi kationik, bertujuan menilai perbezaan kesan hujan terhadap kedua-duanya.

Ujian vialit dilakukan untuk menentukan nilai pelekatan antara bitumen dan agregat sebagai bahan pembinaan dandanan permukaan. Sebelum ujian vialit dijalankan ujian terhadap sifat agregat dijalankan terlebih dahulu. Ujian sifat agregat yang dijalankan dalam kajian ini adalah analisis ayakan, indeks kepingan, dan ujian salutan dan tanggalan.

Hujan tiruan akan dikenakan semasa ujian vialit dijalankan. Tiga kes keadaan hujan semasa pembinaan dandanan permukaan yang akan diuji dalam kajian ini ialah:

- i. Hujan selepas penyemburan bitumen tetapi sebelum agregat dihampar dan dipadatkan;
- ii. Hujan selepas agregat dihampar tetapi sebelum dipadatkan; dan
- iii. Hujan selepas agregat dihampar dan dipadatkan

(Tiga kes tersebut selepas ini akan dinyatakan sebagai Kes I, Kes II, dan Kes III.)

### **3.2 Kerja-Kerja Makmal**

Kerja–kerja serta ujian makmal yang dijalankan dalam projek sarjana muda ini adalah seperti berikut:

- i. Penyediaan bahan;
- ii. Analisis ayakan (*Sieve Analysis*);
- iii. Ujian Indek Kepingan (*Flakiness Index*);
- iv. Ujian Salutan dan Tanggalkan (*Coating and Stripping*); dan
- v. Ujian Vialit (hujan tiruan akan dikenakan semasa ujian ini dijalankan).

### **3.3 Penyediaan Bahan**

#### **3.3.1 Bitumen**

Bitumen penusukan gred 80-100 digunakan untuk menjalankan ujian vialit. Bitumen penusukan merupakan bahan penyimen yang kuat dan tahan lama dengan ciri rekatan dan kalis air yang baik. Bitumen emulsi kationik pula, digunakan untuk menyalut agregat kerana ianya agen penyalutan yang baik untuk melawan tindakan air.

### 3.3.2 Agregat

Agregat yang digunakan bagi ujian vialit ini adalah terdiri daripada agregat yang bersaiz 14 mm iaitu melepasi ayak 14mm dan tertahan pada ayak 10mm. Agregat yang digunakan mestilah bersih, kering, tahan lasak, mempunyai ketahanan, dan bebas dari bendasing. Ujian-ujian terhadap agregat dilakukan adalah untuk memastikan agregat mempunyai ciri-ciri seperti di atas berdasarkan ujian-ujian tertentu yang dipilih berdasarkan *Standard Specification For Road Works* (JKR, 1988). Terdapat dua jenis sampel agregat yang disediakan dalam kajian ini iaitu agregat tidak bersalut dan agregat pra-salut.

## 3.4 Ujian Agregat

Ujian agregat dijalankan berdasarkan *Standard Specification For Road Works* (1998) untuk memastikan agregat yang digunakan sesuai dan memenuhi ciri-ciri yang telah ditetapkan oleh JKR. Ujian-ujian yang dijalankan ialah analisis ayakan, ujian indeks kepingan, dan ujian salutan dan tanggalan. Manakala bagi ujian nilai penghancuran agregat, ujian nilai penggilapan batu, dan ujian ketahanan tidak dilakukan, tetapi data bagi ujian-ujian ini diambil dari kajian lepas (Daniel, 2003).

### 3.4.1 Analisis Ayakan (BS 1377 : Part 2 : 1990)

#### 3.4.1.1 Teori

Analisis ayakan dilakukan untuk menentukan saiz (penggredan) agregat. Had penggredan bergantung kepada tujuan kegunaan agregat dan ianya memberi kesan

terhadap mutu dan kos turapan. Ujian ini bertujuan untuk menentukan taburan saiz agregat berada dalam had yang ditentukan.

Analisis ayakan ini dijalankan terhadap kelompok agregat yang digunakan untuk pembinaan dandanan permukaan. Agregat yang digunakan dalam ujian vialit adalah agregat yang bersaiz 14mm. Oleh yang demikian agregat bersaiz 14mm dipilih, kemudian diayak supaya memenuhi had gred campuran dandanan permukaan. Jadual 3.1 menunjukkan had penggredan agregat bersaiz 14mm berdasarkan *Standard Specification For Road Works* (1998).

**Jadual 3.1:** Had Gred Untuk Campuran Dandanan Permukaan (*Standard Specification For Road Works*, 1998)

Saiz Ayak (mm)	Agregat Bersaiz 14 mm ( % melepasi)
20 mm	100
14 mm	85 – 100
10 mm	0 - 20
4.75 mm	0 – 5
2.36 mm	0 - 2

#### 3.4.1.2 Radas Ujian

Radas yang digunakan untuk melakukan analisis ayakan ditunjukkan dalam Rajah 3.2. Radas untuk analisis ayakan ialah:

- Set ayak (saiz 20.0, 14.0, 10.0, 4.75, dan 2.36mm); digunakan untuk mengasingkan agregat berdasarkan saiz.
- Penggetar; digunakan untuk menggetarkan dan memusingkan agregat dalam set ayak supaya mempercepatkan proses ayakan.

- iii. Penimbang berketepatan 0.5g; digunakan untuk menimbang jisim agregat yang tertahan pada setiap saiz ayak.



**Rajah 3.1** Radas Analisis Ayakan

#### **3.4.1.3 Prosedur Ujian**

Analisis ayakan dijalankan berdasarkan prosedur berikut:

- i. Kelompok agregat bersaiz 14mm yang diambil dari loji disediakan.
- ii. Set ayak pelbagai saiz di letakkan diatas penggetar.
- iii. Agregat dituang ke dalam set ayak dengan perlahan-lahan, kemudian penggetar dihidupkan.
- iv. Jisim yang tertahan pada setiap saiz ayakan ditimbang dan dihitung.
- v. Graf peratus agregat yang melepasi ayakan melawan saiz ayakan diplotkan berserta hadnya pada carta ayakan.

- vi. Agregat ditentukan samada memenuhi spesifikasi berdasar carta ayakan yang diplot.

### **3.4.2 Ujian Indeks Kepingan (BS 812: Section 105.1: 1989)**

Ujian ini bertujuan untuk menentukan peratusan agregat yang leper atau berkeping. Agregat diklasifikasikan sebagai leper apabila ketebalannya kurang daripada 0.6 saiz purata. Indeks kepingan boleh diperolehi dengan memisahkan agregat yang leper. Ujikaji ini tidak sah pada agregat yang melepasi saiz ayak 6.30mm dan tertahan pada saiz ayak 63.0mm. Walaubagaimanapun dalam kajian ini hanya agregat bersaiz 14mm sahaja yang diuji indeks kepingannya dan jisim minimum agregat ialah 1kg.

#### **3.4.2.1 Radas Ujian**

Radas yang digunakan untuk melakukan ujian indeks kepingan ialah:

- i. Slot ayak indeks kepingan berdimensi  $7.2 \pm 0.1$ mm tebal dan 40mm panjang; digunakan untuk memasukkan agregat melalui slot.
- ii. Penimbang berketepatan 0.1g; digunakan untuk menimbang jisim agregat

#### **3.4.2.2 Prosedur Ujian**

Ujian indeks kepingan dijalankan berdasarkan prosedur berikut:

- i. Agregat bersaiz 14mm yang telah diayak dalam analisis ayakan disediakan.
- ii. Jisim agregat ditimbang dan dicatatkan. Jisim agregat mestilah melebihi 1.0kg.



- iii. Agregat bersaiz 14mm dimasukkan melalui slot yang mempunyai kelebaran  $7.2 \pm 0.1\text{mm}$ .
- iv. Jisim agregat yang melepasi slot dicatat.
- v. Indek kepingan diperolehi dengan menggunakan formula:

$$\text{Indek Kepingan} = \frac{\sum \text{Jisim melepasi slot}}{\sum \text{Jisim asal}} \times 100 \%$$

### 3.4.3 Ujian Salutan dan Tanggalan (AASHTO T: 182)

#### 3.4.3.1 Teori

Ujian ini bertujuan untuk menentukan lekatan lapisan bahan pelekat pada permukaan agregat dengan kehadiran air. Terdapat dua jenis agregat iaitu hidrofilik dan hidrofobik. Agregat hidrofilik sukar disalut oleh bitumen manakala agregat hidrofobik mudah disalut bitumen (Othman, Rosli, dan Che Ros, 2001). Ujian ini menggunakan bitumen jenis penusukan gred 80-100 dan agregat bersaiz 14mm.

#### 3.4.3.2 Radas Ujian

Radas yang digunakan untuk melakukan ujian salutan dan tanggalan ialah:

- i. Penimbang berketepatan 0.1g; digunakan untuk mengukur jisim agregat.
- ii. Ketuhar yang mempunyai julat suhu antara  $60^{\circ}\text{C}$  hingga  $149^{\circ}\text{C}$  ; digunakan untuk memanaskan bitumen dan agregat.
- iii. Bikar kaca berkapasiti 600ml; digunakan untuk mengisi campuran antara agregat dan bitumen untuk direndam di dalam air suling.
- iv. Sudu logam; digunakan untuk menggaul agregat dan bitumen.

### 3.4.3.3 Prosedur Ujian

Ujian salutan dan tanggalan dijalankan berdasarkan prosedur berikut:

- i.  $100 \pm 1$  g agregat yang telah dipanaskan dan  $5.5 \pm 0.2$  g bitumen panas yang mempunyai suhu  $145 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  disediakan.
- ii. Agregat dan bitumen digaul bersama-sama menggunakan sudu di dalam bikar kaca bertujuan menyalut agregat dengan bitumen.
- iii. Sebuah bikar kaca kosong diisi dengan 500ml air suling.
- iv. Agregat yang telah tersalut dibiarkan sejuk selama 5 minit.
- v. Kemudian agregat yang telah disalut bitumen sepenuhnya dimasukkan ke dalam bikar kaca yang berisi air suling.
- vi. Campuran agregat dan bitumen direndam di dalam air suling selama 16-18 jam.
- vii. Selepas itu pemerhatian terhadap campuran itu dibuat dengan menganggar dengan mata kasar, samaada peratus permukaan agregat yang masih tersalut bitumen melebihi 95 % atau sebaliknya.

### 3.4.4 Ujian Salutan dan Tanggalan (ASTM D: 1664)

#### 3.4.4.1 Teori

Ujian ini bertujuan menilai nilai pelekatan antara bitumen dan agregat. Agregat yang digunakan dalam ujian ini terdiri dari agregat yang bersalut dengan bitumen emulsi kationik. Adalah penting untuk mengetahui nilai pelekatan bitumen dan agregat kerana, agregat yang bersalut dengan bitumen emulsi kationik akan digunakan di dalam ujian vialit bagi mengkaji kesan agregat bersalut dalam melawan kesan tindakan air.

#### 3.4.4.2 Radas Ujian

Radas yang digunakan untuk melakukan ujian salutan dan tanggapan ialah:

- i. Penimbang berketepatan 0.1g; digunakan untuk mengukur jisim agregat.
- ii. Ketuhar yang mempunyai julat suhu antara 60°C hingga 149°C; digunakan untuk memanaskan bitumen dan agregat.
- iii. Bikar kaca berkapasiti 500ml; digunakan untuk mengisi campuran antara agregat dan bitumen untuk direndam di dalam air suling.
- iv. Sudu logam; digunakan untuk menggaul agregat dan bitumen.

#### 3.4.4.3 Prosedur Ujian

Ujian salutan dan tanggapan dijalankan berdasarkan prosedur berikut:

- i.  $100 \pm 1$  g agregat kering ditimbang dan dimasukkan ke dalam bikar kaca.
- ii. Sebanyak  $5.5 \pm 0.2$  g bitumen emulsi pada suhu bilik dimasukkan ke dalam bikar kaca yang berisi agregat.
- iii. Agregat dan bitumen kemudian digaul bersama-sama pada suhu bilik dengan menggunakan sudu.
- iv. Kemudian agregat yang telah disalut sepenuhnya dimasukkan ke dalam ketuhar selama 2 jam pada suhu  $135 \pm 0.5^\circ\text{C}$ .
- v. Sebuah bikar kaca kosong diisi dengan 400ml air suling.
- vi. Kemudian agregat panas yang bersalut bitumen dimasukkan ke dalam bikar kaca yang berisi air suling.
- vii. Campuran antara agregat dan bitumen direndam di dalam air suling selama 16–18 jam.
- viii. Selepas itu pemerhatian terhadap campuran itu dibuat dengan menganggar dengan mata kasar, samaada peratus permukaan agregat yang masih tersalut bitumen melebihi 95 % atau sebaliknya.

### 3.5 Reka Bentuk Campuran

Setelah agregat melepasi semua ujian-ujian yang telah dilakukan di atas, sampel agregat bersalut bitumen emulsi dan sampel tidak bersalut disediakan. Agregat yang hendak digunakan mestilah dibasuh untuk memastikan ianya bersih dari habuk dan bendasing. Agregat yang disalut disediakan dengan mencampurkan agregat dengan bitumen emulsi kationik. Jisim bitumen emulsi yang digunakan untuk menyalut agregat adalah sebanyak 0.6 % berdasarkan jisim agregat yang digunakan (ORN, 2003). Agregat dan bitumen emulsi digaul bersama-sama pada suhu bilik, kemudian dimasukkan ke dalam ketuhar selama 2 jam pada suhu 135°C.

Semasa menjalankan ujian vialit, sampel bagi agregat tidak bersalut dan agregat pra-salut akan dikenakan hujan tiruan dengan menggunakan model air larian lebat hujan seperti ditunjukkan pada Rajah 3.2. Bagi kes I hujan akan dikenakan selepas bitumen panas dituang di atas plat. Bagi kes II hujan akan dikenakan selepas bitumen dituang dan agregat dihampar tetapi sebelum pematatannya. Manakala bagi kes III hujan akan dikenakan selepas bitumen dituang dan agregat dihampar serta dipadatkan.

Kadar kelembatan hujan tiruan yang dikenakan pada sampel dibahagikan kepada lima kelembatan. Kadar kelembatan yang dikenakan ialah 0mm/jam, 30mm/jam, 60mm/jam, 90mm/jam, dan 120mm/jam. Kadar kelembatan maksimum ini ditentukan berdasarkan bacaan kadar kelembatan tertinggi di Malaysia iaitu 131mm/jam yang direkodkan di Sandakan, Sabah (Jabatan Kaji Cuaca Malaysia, 2003). Manakala tempoh masa hujan tiruan yang akan dikenakan adalah tetap iaitu 15 minit. Tempoh masa tersebut dipilih berdasarkan anggapan tempoh hujan berkesan berlaku selama 15 minit. Oleh kerana model air larian mempunyai bacaan tolok kelembatan dalam unit liter per minit (l/min) kadar kelembatan dalam unit mm/jam diubah kepada l/min. Oleh yang demikian, kadar kelembatan 0mm/j, 30mm/j, 60mm/j, 90mm/j, dan 120mm/j, masing-masing diubah kepada 0l/min, 1l/min, 2l/min, 3l/min, dan 4l/min. Kadar kelembatan ini dikira berdasarkan formula dan contoh pengiraan di bawah:

Formula,  $Q = A i$

Dengan:  $Q$  = Kadar alir (l/min);

$A$  = Luas kawasan tadahan ( $2.06 \text{ m}^2$ );

$i$  = kelebatan hujan (mm/jam)

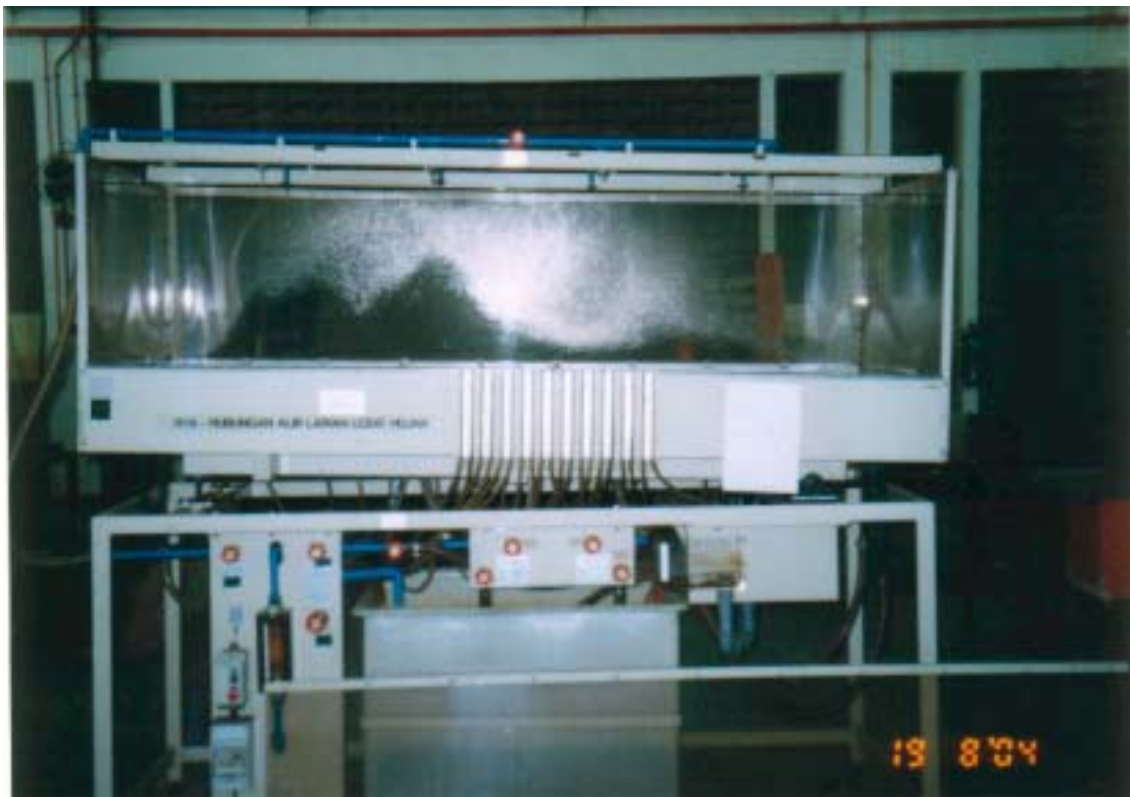
Contoh pengiraan bagi kelebatan 30mm/jam:

$$i = (30\text{mm/jam}) \times (1\text{m}/1000 \text{ mm}) \times (1 \text{ jam}/60\text{min})$$

$$= 0.0005\text{m/min}$$

$$Q = (2.06\text{m}^2) \times (0.0005\text{m/min}) \times (1000\text{l/m}^3)$$

$$= 1.0\text{l/min.}$$



**Rajah 3.2** Model Air Larian Lebat Hujan

### **3.6 Ujian Vialit (BS EN 12272-3: 1997)**

#### **3.6.1 Teori**

Tujuan ujian vialit ini dijalankan adalah untuk menentukan nilai rekatan antara lapisan pengikat (bitumen) dan agregat di atas permukaan plat yang mana menyerupai turapan dandanan permukaan yang sebenar.

Secara amnya, ujian ini dijalankan dengan menuang bitumen panas pada permukaan plat. Kemudian 50 butir agregat dihampar dan dipadatkan pada plat yang berisi bitumen. Setelah agregat dipadatkan, plat diletakkan ke atas tapak besi berpin tiga secara terbalik. Kemudian bola besi dijatuhkan sebanyak 3 kali ke atas plat tersebut selama masa 10 saat. Hentaman dari bola besi tersebut akan memberi daya pelucutan pada agregat yang terdapat diatas plat. Setiap satu set ujian vialit akan menggunakan tiga plat besi.

Dalam kajian ini sampel agregat tidak bersalut dan agregat bersalut akan diuji pada keadaan kes I, kes II, dan kes III dengan kelembatan hujan yang berbeza. Ianya bertujuan melihat pembezaan diantara kedua-dua sampel dari kesan air yang dikenakan.

#### **3.6.2 Radas Ujian**

Rajah 3.3 menunjukkan radas ujian vialit. Radas yang digunakan untuk melakukan ujian vialit ialah:

- i. Plat besi berukuran  $200 \pm 1\text{mm} \times 200 \pm 1\text{mm}$ ; digunakan untuk menuang bitumen panas.
- ii. Tapak besi berpin tiga; digunakan sebagai asas untuk meletakkan plat besi secara terbalik.

- iii. Tiang tegak yang mempunyai ketinggian  $500 \pm 1\text{mm}$  hujung condong berdajah 3'; digunakan sebagai aluran bola besi untuk menghentam plat besi.
- iv. Bola besi berjisim  $510 \pm 10\text{g}$  dan berdiameter  $50 \pm 0.5\text{mm}$ ; digunakan untuk dijatuhkan keatas plat besi.
- v. Penggelek getah seberat  $25 \pm 1\text{kg}$  dengan kelebaran  $260 \pm 10\text{mm}$  dan tebal getah  $15 \pm 2\text{mm}$ .
- vi. Penimbang keketepatan 0.1g; digunakan untuk menimbang jisim agregat dan bitumen.
- vii. Ketuhar berjulat  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  hingga  $170 \pm 5^\circ\text{C}$ ; digunakan untuk memanaskan sampel kepada suhu yang telah ditentukan.



**Rajah 3.3** Radas Ujian Vialit

### 3.6.3 Prosedur Ujian

Ujian vilait dijalankan berdasarkan prosedur berikut:

- i. Agregat dibasuh kemudian dimasukkan kedalam ketuhar selama  $24 \pm 1$  jam pada suhu  $50 \pm 1^{\circ}\text{C}$  dan disimpan di dalam bekas kedap udara.
- ii. Bitumen dipanaskan pada suhu  $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam.
- iii. Tiga plat besi disediakan dan dipastikan kering dan bersih.
- iv. Setelah bitumen dipanaskan, sebanyak 52g bitumen akan dituang ke atas setiap plat besi.
- v. Plat yang berisi bitumen dimasukkan ke dalam ketuhar pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  tidak melebihi 5 minit. Bagi kes I hujan tiruan akan dikenakan.
- vi. Kemudian plat dikeluarkan dan dibiarkan pada suhu bilik selama  $20 \pm 2$  minit.
- vii. Sebanyak 50 butir agregat (tidak bersalut atau bersalut) dihampar ke atas permukaan plat yang berisi bitumen. Bagi kes II hujan tiruan akan dikenakan.
- viii. Kemudian agregat dipadatkan menggunakan penggelek getah. Gelekan dilakukan dengan tiga laluan gelekan untuk satu arah (satu laluan bersamaan dengan kitaran ke depan dan ke belakang). Plat kemudian diputar sebanyak  $90^{\circ}$  untuk tiga laluan gelekan seterusnya. Bagi kes III hujan tiruan akan dikenakan.
- ix. Plat diletakkan ke atas tapak besi berpin tiga secara terbalik.
- x. Bola besi di jatuhkan ke atas tengah plat sebanyak 3 kali dalam selang masa 10 saat.
- xi. Agregat yang jatuh dikutip dan dihitung dengan melihat samaada mempunyai kesan tompokan bitumen atau sebaliknya.
- xii. Ujian ini dianalisis berdasarkan:

Jumlah keseluruhan agregat dihitung berdasarkan formula :

$$a + b + c = 50$$

manakala a, b, dan c adalah tiga pengukuran untuk setiap nombor.

Contohnya:  $a = (a_1 + a_2 + a_3) / 3$



Nilai perekatan antara bitumen dan agregat berdasarkan formula:

$$\text{Nilai Perekatan: } 2 \times (b + c) = 100$$

Dengan;

a = jumlah agregat yang jatuh dan tiada kesan tompokan bitumen

b = jumlah agregat yang jatuh dan mempunyai kesan tompokan bitumen

c = jumlah agregat yang masih melekat pada plat

### 3.7 Kaedah Analisis

Ujian makmal yang telah dilakukan akan di analisis mengikut kaedah tertentu berdasarkan ujian yang telah dilakukan. Jadual 3.2 menyatakan kaedah yang digunakan bagi tujuan analisis.

**Jadual 3.2:** Kaedah Analisis

Ujian	Analisis
Analisis ayakan (BS 1377 : Part 2 : 1990)	Taburan agregat mesti berada dalam had gred setelah carta ayakan yang diplot.
Indek kepingan (BS 812: Section 105.1: 1989)	Nilai agregat yang berkeping mestilah tidak melebihi 25%.
Salutan dan tanggalkan (AASHTO T: 182)	Jumlah permukaan agregat yang masih tersalut bitumen penusukan 80/100 mestilah melebihi 95 %.
Salutan dan tanggalkan (ASTM D: 1664)	Jumlah permukaan agregat yang masih tersalut bitumen emulsi kationik mestilah melebihi 95 %.
Vialit (BS EN 12272-3: 1997)	Agregat yang jatuh mestilah mempunyai kesan tompokan bitumen dan nilai perekatan mestilah 100%.

## **BAB IV**

### **DATA DAN ANALISIS**

#### **4.1 Pengenalan**

Analisis terhadap data ujian dilakukan untuk memastikan kesemua bahan ujian yang telah dijalankan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan mengikut *Standard Specification for Road Works* (JKR, 1988). Setelah menjalankan ujian-ujian makmal yang telah dirancang, nilai-nilai keputusan dicatat dan dikumpulkan untuk membuat analisis dan kesimpulan. Keputusan ujian yang telah diperolehi ialah:

- i. Keputusan bagi Analisis Ayakan;
- ii. Indeks kepingan agregat bagi ujian Indeks Kepingan;
- iii. Keputusan bagi ujian Salutan dan Tanggalan; dan
- iv. Keputusan bagi ujian Vialit.

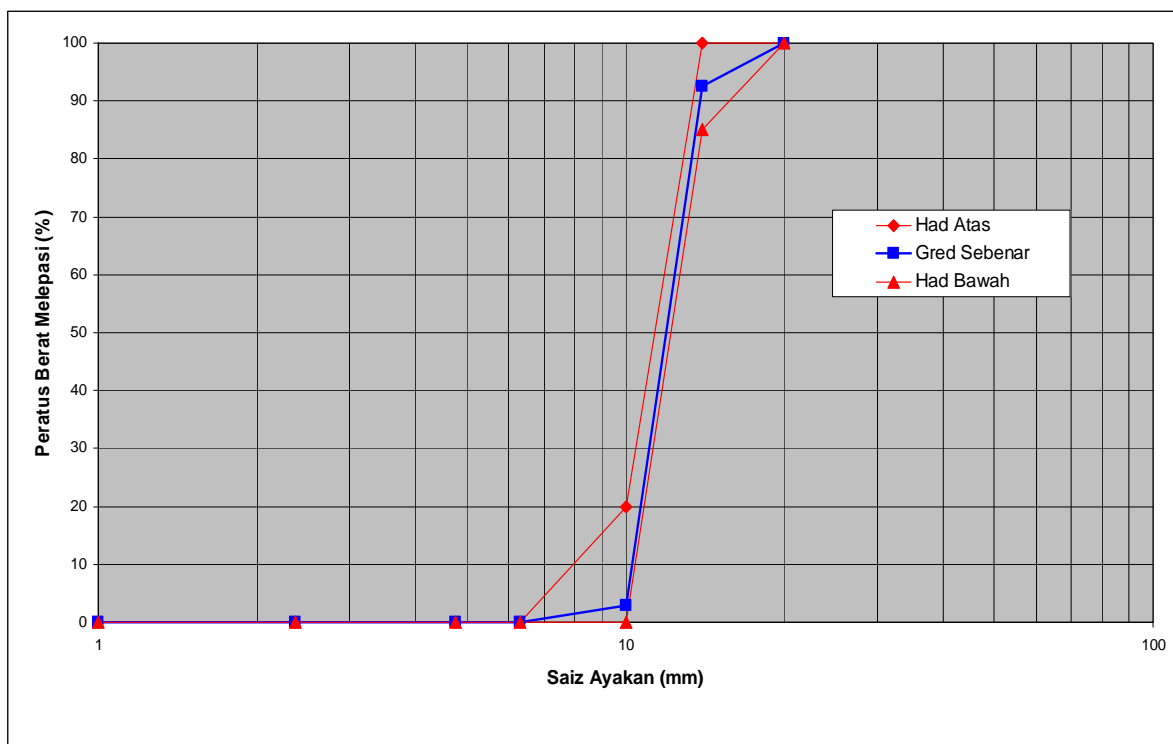
#### **4.2 Analisis Ayakan**

Daripada ayakan yang telah dijalankan, satu graf iaitu peratus berat melepasi ayakan melawan saiz ayakan berserta had atas dan had bawah. Spesifikasi ini diperolehi dari *Standard Specification for Road Works* (JKR, 1988). Penelitian yang dibuat pada carta ayakan, didapati taburan agregat yang diuji berada dalam had penggredannya.

Rajah 4.1 menunjukkan plotan carta analisis ayakan. Kesimpulannya, dibuktikan dari aspek penggredan agregat, agregat yang digunakan mematuhi spesifikasi yang telah ditetapkan dalam *Standard Specification for Road Works* (JKR, 1988).

**Jadual 4.1:** Keputusan Analisis Ayakan

Saiz Ayakan (mm)	Jumlah berat tertahan (g)	Jumlah berat melepassi(g)	Peratus berat melepassi (%)	Peratus Berrat Melepassi Spesifikasi JKR
20	0	2001.5	100	100
14	148.7	1852.8	92.6	85 -100
10	1798.6	54.2	2.9	0 -20
4.75	54.2	0	0	0 - 5
2.36	0	0	0	0 - 2
Dulang	0	0	0	-
Jumlah	2001.5			



**Rajah 4.1** Carta Ayakan

### 4.3 Ujian Indeks Kepingan

Jadual 4.2 menunjukkan keputusan ujian indek kepingan. Pengiraan untuk tujuan analisis ujian indeks kepingan adalah berdasarkan formula berikut;

$$\begin{aligned}\text{Indek Kepingan} &= \frac{\sum J_{\text{sim melepasi slot}}}{\sum J_{\text{sim asal}}} \times 100 \% \\ &= (200.00/1251.40) \times 100\% \\ &= 16\%\end{aligned}$$

Maka, indek kepingan bagi ujian ialah 16%. Berdasarkan spesifikasi yang ditetapkan dalam *Standard Specification for Road Works* (JKR, 1988), nilai kepingan tidak boleh melepasi 25%. Kesimpulannya, dibuktikan bahawa dari aspek sifat kepingan, agregat yang digunakan mematuhi spesifikasi yang ditetapkan.

**Jadual 4.2:** Keputusan ujian Indeks Kepingan

Saiz Agregat (mm)	Jumlah Berat Agregat (g)	Jumlah Berat Melepasi Slot (g)
14 – 10	1251.40	200.00

### 4.4 Ujian Salutan Dan Tanggalkan

Terdapat dua jenis sampel yang disediakan dalam ujian ini. Sampel-sampel tersebut ialah agregat yang bersalut bitumen penusukan dan agregat yang bersalut bitumen emulsi. Rajah 4.2 menunjukkan sampel ujian yang disalut dengan bitumen penusukan. Rajah 4.3 menunjukkan sampel ujian yang disalut bitumen emulsi.

Setelah kedua-dua sampel direndam di dalam air suling selama 16 jam pemerhatian dibuat dengan mata kasar. Setelah pemerhatian dibuat didapati bitumen masih tersalut sepenuhnya pada agregat dan tiada tanggapan berlaku. Kesimpulannya, dibuktikan dari aspek salutan dan tanggapan sampel mematuhi spesifikasi kerana jumlah bitumen yang masih tersalut melebihi nilai 95% yang telah ditetapkan dalam *Standard Specification for Road Works* (JKR, 1988).



**Rajah 4.2** Agregat Bersalut Bitumen Penusukan



**Rajah 4.3** Agregat Bersalut Bitumen Emulsi

#### **4.5 Ujian Vialit**

Sampel agregat yang diuji terdiri dari agregat yang tidak bersalut dan agregat pra-salut. Sampel-sampel ini dikenakan hujan tiruan pada kadar alir (Q), 0l/min, 1l/min, 2l/min, 3l/min, dan 4l/min. Tiga keadaan hujan semasa pembinaan distimulasi iaitu keadaan selepas bitumen disembur tetapi sebelum penghamparan dan pemadatan agregat, selepas penghamparan agregat tetapi sebelum pemadatan, dan selepas penghamparan dan pemadatan agregat masing-masing dinyatakan sebagai kes I, kes II, dan kes III.

Nilai perekatan antara bitumen dan agregat berdasarkan formula:

$$\text{Nilai Perekatan: } 2 \times (b + c) = 100$$

Dengan;

a = jumlah agregat yang jatuh dan tiada kesan tompokan bitumen

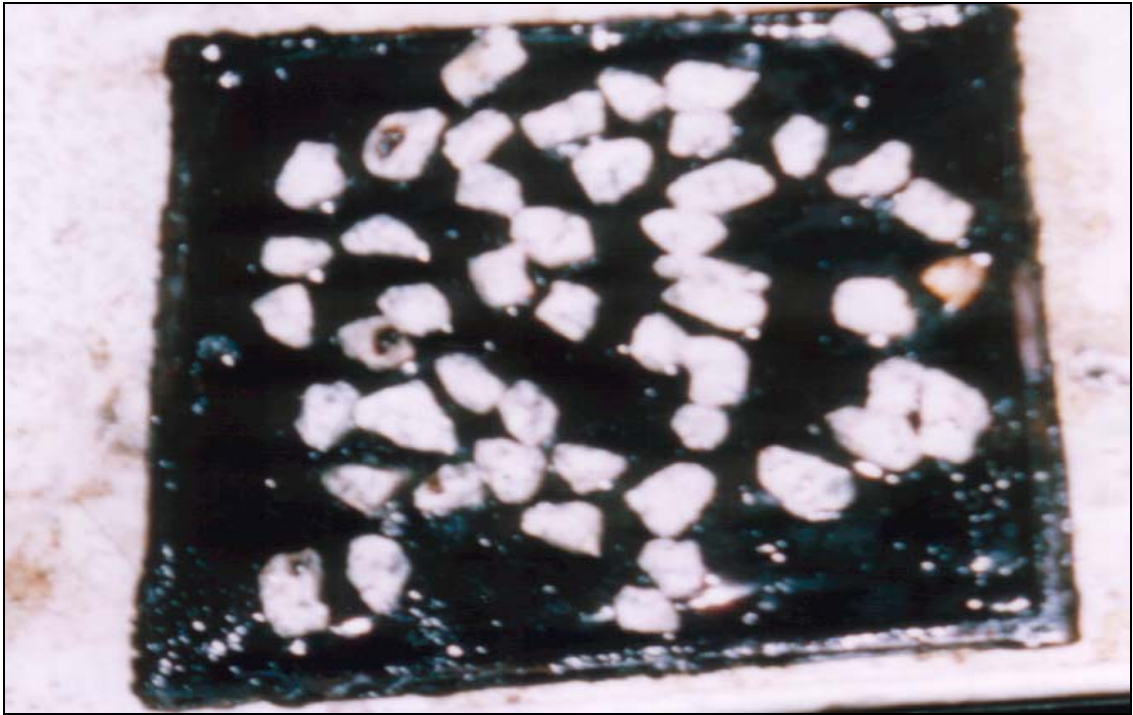
b = jumlah agregat yang jatuh dan mempunyai kesan tompokan bitumen

c = jumlah agregat yang masih melekat pada plat

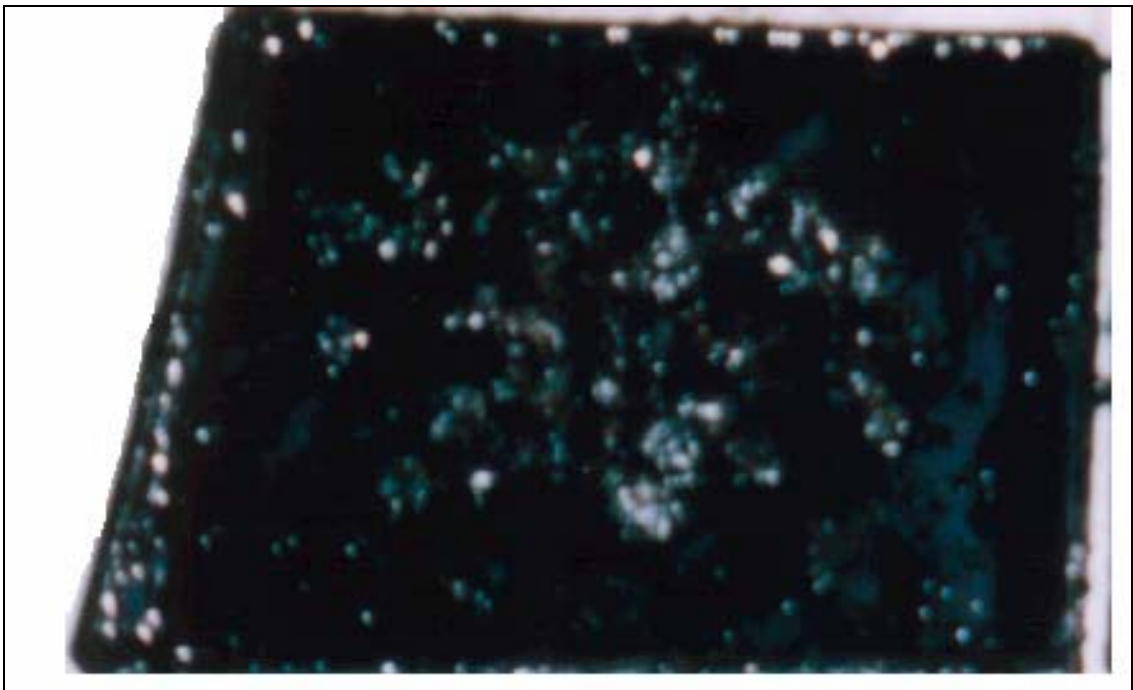
Jadual 4.3 menunjukkan keputusan ujian vialit. Rajah 4.4 menunjukkan sampel agregat tidak bersalut dan Rajah 4.5 menunjukkan agregat pra-salut.

**Jadual 4.3:** Keputusan Ujian Vialit.

Kes	Kadar Alir Q, (l/min)	Nilai Perekatan Agregat Tidak Bersalut (%)	Nilai Perekatan Agregat Pra-salut (%)
I	1	34.7	98.0
	2	17.4	98.0
	3	1.30	95.3
	4	0.00	90.6
II	1	73.4	98.6
	2	66.0	97.3
	3	50.7	96.0
	4	14.6	93.3
III	1	97.2	100
	2	93.3	100
	3	88.0	98.0
	4	80.0	97.3



**Rajah 4.4** Sampel Agregat Tidak Bersalut



**Rajah 4.5** Sampel Agregat Pra-salut



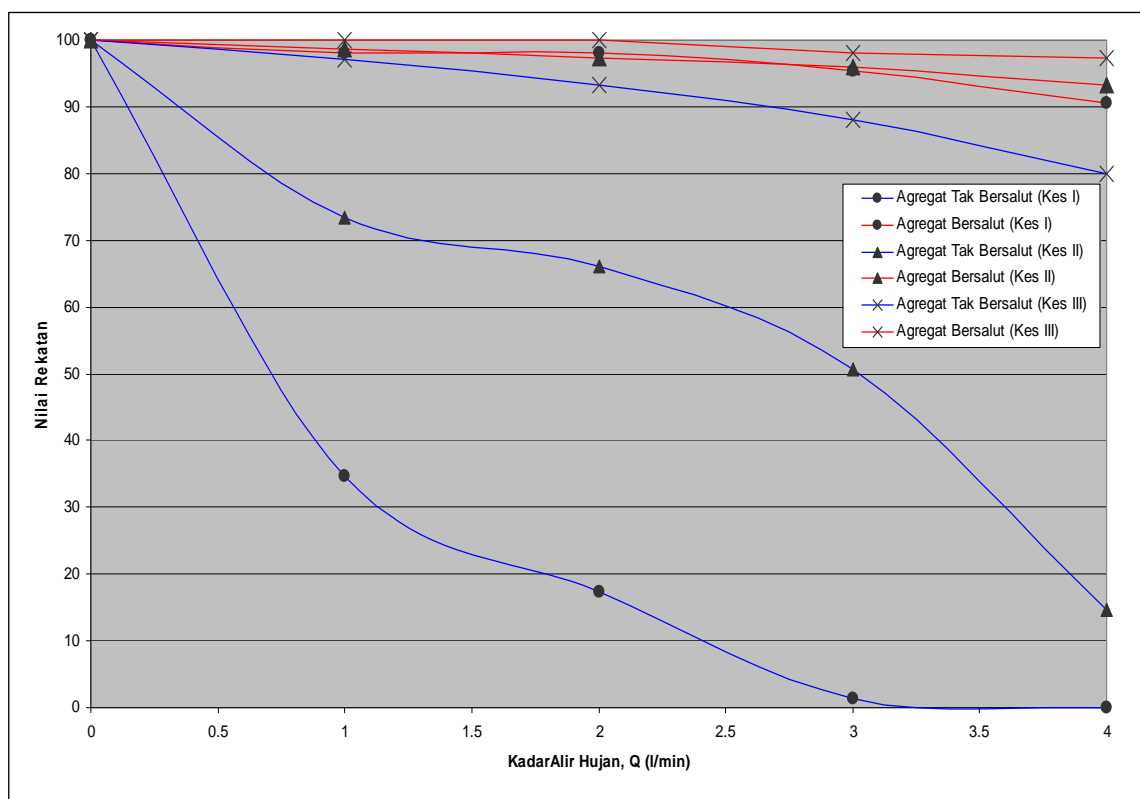
#### 4.5.1 Analisis Keputusan

Berdasarkan ujian vialit yang telah dilakukan berdasarkan kes, kelebatan, dan salutan agregat, analisis terhadap keputusan dilakukan dengan menghitung nilai perekatan antara bitumen dan agregat. Nilai perekatan yang diperlukan untuk lulus dalam ujian vialit ialah 100.

Analisis bagi agregat yang tidak bersalut pada kes I, kes II, dan kes III, didapati kesemua sampel gagal pada semua kadar alir hujan yang telah dikenakan. Nilai perekatan kesemua sampel bagi agregat yang tidak bersalut didapati kurang daripada 100. Julat bacaan nilai perekatan ialah 0 hingga 97.2.

Manakala analisis bagi agregat pra-salut, sampel gagal pada kes I dan kes II pada semua kadar alir hujan. Manakala pada kes III, sampel lulus pada kadar alir hujan 1l/min dan 2l/min dengan nilai perekatannya adalah 100, tetapi mula gagal pada kadar alir 3l/min dan 4l/min. Julat nilai perekatannya yang gagal dalam kesemua sampel agregat bersalut ialah 90.6 hingga 98.

Dari segi perbezaan nilai perekatan didapati agregat pra-salut lebih tinggi nilainya berbanding agregat yang tidak bersalut dalam melawan kesan tindakan air. Rajah 4.6 menunjukkan keputusan nilai perekatan melawan kadar alir hujan Q dalam ujian vialit.



**Rajah 4.6** Keputusan Ujian Vialit

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN CADANGAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kajian kesan air terhadap dandanan permukaan dibuat dengan melakukan ujian vialit pada agregat tidak yang bersalut dan agregat pra-salut. Ujian ini bertujuan untuk menentukan nilai perekatan antara bitumen dan agregat. Setelah ujian makmal selesai dan dianalisis keputusannya, beberapa kesimpulan dapat dibuat iaitu:

- i. Bagi kes I, kedua-dua sampel gagal dalam ujian vialit.
- ii. Bagi kes II, kedua-dua sampel gagal dalam ujian vialit
- iii. Bagi kes II, sampel agregat tidak bersalut gagal pada semua kadar alir. Manakala sampel agregat pra-salut lulus pada kadar alir 1l/min dan 2l/min. Walaubagaimanapun sampel mula mengalami kegagalan pada kadar alir 3l/min dan 4l/min.
- iv. Air dari hujan boleh mengakibatkan agregat tertanggal dari permukaan jalan pada dandanan permukaan semasa dalam pembinaanya.
- v. Semakin tinggi kelembatan hujan semakin banyak agregat yang tertanggal dari dandanan permukaan dan semakin rendah nilai rekatan antara bitumen dan agregat.
- vi. Agregat bersalut mempunyai rintangan yang lebih baik berbanding agregat tidak bersalut untuk melawan kesan tindakan air.

- vii. Dalam aspek pembinaan dandanan permukaan tidak boleh dibina semasa hujan. Oleh yang demikian sebelum dandanan permukaan dibina, ramalan kaji cuaca perlulah diketahui dan diteliti.

## **5.2 Cadangan**

Setelah menamatkan kajian ini, beberapa cadangan disyorkan sebagai kajian lanjut kesan air terhadap dandanan permukaan. Antara cadangan yang sesuai ialah:

- i. Mengkaji penurunan suhu bitumen semasa hujan. Ianya bertujuan mengkaji hubungan penurunan dengan jumlah kehadiran air yang dipercayai akan melemahkan ikatan antara bitumen dan agregat.
- ii. Penggunaan bitumen emulsi menggantikan bitumen penusukan sebagai bahan pengikat dalam pembinaan dandanan permukaan untuk melawan kesan tindakan air.
- iii. Penggunaan agregat bersalut dengan bitumen ubahsuai yang telah dicampur bahan tambah. Bahan tambah boleh terdiri daripada lateks, abu terbang, simen dan lain-lain.
- iv. Mengkaji ikatan antara bitumen dan agregat secara kimia, dengan kehadiran air.

## SENARAI RUJUKAN

AASHTO Material Reference Laboratory (1984). *Coating and Stripping of Bitumen-Aggregate Mixtures*. Gaithersburg, AASHTO T: 182.

ASTM (1986). *Standard Test Method for Coating and Stripping Bitumen-Aggregate Mixtures*. Philadelphia, D 1664.

British Standard Institute (1989). *Method for Determination of Particle Shape-Flakiness Index*. London, BS 812: Section 105.1.

British Standard Institute (1990). *Soil Classification Tests-Particle Size Distribution*. London, BS 1377: Part 2.

British Standard Institute (1997). *Surface Dressing-Test Method-Determination of Binder Aggregate Adhesivity by the Vialit Plate Shock Test Method*. London, BS EN 12272-3: Part 3.

Daniel Ng Wee Jin (2003). *Kegunaan Bahan Tambah Dalam Dandanan Permukaan*. Universiti Teknologi Malaysia: Tesis Sarjan Muda.

Dr Othman Che Puan, Mohd Rosli bin Hanim, dan Che Ros Ismail (2001). *Kejuruteraan Jalanraya dan Lalulintas*. Universiti Teknologi Malaysia. “Tidak Diterbitkan”.

<http://www.kjc.gov.my/maklumatiklim> ( Jabatan Kaji Cuaca Malaysia, 2003).

Jabatan Kerja Raya Malaysia (1988). *Standard Specification For Road Works*. Kuala Lumpur, JKR/SPJ/1988.

Mayel (2000). *Surface Dressing*. London: The Highways Agency.

NAASRA (1975). *Road Maintenance Practice*. Sydney: National Association Of Australian State Authorities.

Nelson, J. R., and Hardman, R. (1980 ). *A Guide To Road Surface Dressing Practice*. Crowthorne, England: Transport and Road Reseach Laboratory.

Overseas Road Note 3 (2000). *A Guide To Surface Dressing In Tropical And Sub-Tropical Countries*. Crowthorne, England: Transport and Road Reseach Laboratory.

TRANSIT (1996). *Asphalt & Surfacing, Stabilisation, Recycling*. Christchurch, New Zealand: ARRB Transport Research.

### LAMPIRAN A

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	0	0	50	
2	0	0	50	
3	0	0	50	
Nilai min	0	0	50	100

Keputusan Ujian Vialit (Sampel Kawalan, agregat tidak bersalut, Q = 0l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	35	0	15	
2	32	0	18	
3	31	0	19	
Nilai min	32.7	0	17.3	34.7

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat tidak bersalut, Q = 1l/min)

No. sampel	A	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	49	0	1	
2	37	0	13	
3	38	0	12	
Nilai min	41.3	0	8.7	17.4

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat tidak bersalut, Q = 2l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	50	0	0	
2	50	0	0	
3	48	0	2	
Nilai min	49.3	0	0.7	1.3

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat tidak bersalut, Q = 3l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	50	0	0	
2	50	0	0	
3	50	0	0	
Nilai min	50	0	0	0

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat tidak bersalut, Q = 4l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	16	1	33	
2	12	0	38	
3	13	1	37	
Nilai min	13.7	0.7	36	73.4

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat tidak bersalut, Q = 1l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	24	0	26	
2	15	0	35	
3	12	0	38	
Nilai min	17	0	33	66

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat tidak bersalut, Q = 2l/min)



No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	27	0	23	
2	25	0	25	
3	22	0	28	
Nilai min	24.7	0	25.3	50.7

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat tidak bersalut, Q = 3l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	30	0	20	
2	35	0	15	
3	33	0	17	
Nilai min	32.7	0	17.3	14.6

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat tidak bersalut, Q = 4l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	2	3	45	
2	1	0	49	
3	1	1	48	
Nilai min	1.3	1.3	47.3	97.2

Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat tidak bersalut, Q = 1l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	3	1	46	
2	2	2	46	
3	5	3	42	
Nilai min	3.3	2	44.7	93.3

Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat tidak bersalut, Q = 2l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	5	4	41	
2	5	3	42	
3	8	2	40	
Nilai min	6	3	41	88

Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat tidak bersalut,  $Q = 3l/min$ )

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	8	2	40	
2	12	5	33	
3	10	2	38	
Nilai min	10	3	37	80

Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat tidak bersalut,  $Q = 4l/min$ )

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	0	0	50	
2	0	0	50	
3	0	0	50	
Nilai min	0	0	50	100

Jadual 4.16: Keputusan Ujian Vialit (Sampel Kawalan, agregat bersalut,  $Q = 0l/min$ )

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	2	0	48	
2	0	0	50	
3	1	0	49	
Nilai min	1	0	49	98

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat bersalut,  $Q = 1l/min$ )

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	0	0	50	
2	1	0	49	
3	2	0	48	
Nilai min	1	0	49	98

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat bersalut, Q = 2l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	2	0	48	
2	3	0	47	
3	2	0	48	
Nilai min	3	0	47.7	95.3

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat bersalut, Q = 3l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	3	0	47	
2	4	0	46	
3	7	0	43	
Nilai min	4.7	0	45.3	90.6

Keputusan Ujian Vialit (Kes I, agregat bersalut, Q = 4l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	0	0	50	
2	1	0	49	
3	1	0	49	
Nilai min	0.7	0	49.3	98.6

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat bersalut, Q = 1l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	1	0	49	
2	1	0	49	
3	2	0	48	
Nilai min	1.3	0	48.7	97.3

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat bersalut, Q = 2l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	2	0	48	
2	2	0	48	
3	2	0	48	
Nilai min	2	0	48	96

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat bersalut, Q = 3l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	2	0	48	
2	4	0	46	
3	2	0	48	
Nilai min	3	0	46.7	93.3

Keputusan Ujian Vialit (Kes II, agregat bersalut, Q = 4l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	0	0	50	
2	0	0	50	
3	0	0	50	
Nilai min	0	0	50	100

Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat bersalut, Q = 1l/min)

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	0	0	50	
2	0	0	50	
3	0	0	50	
Nilai min	0	0	50	100

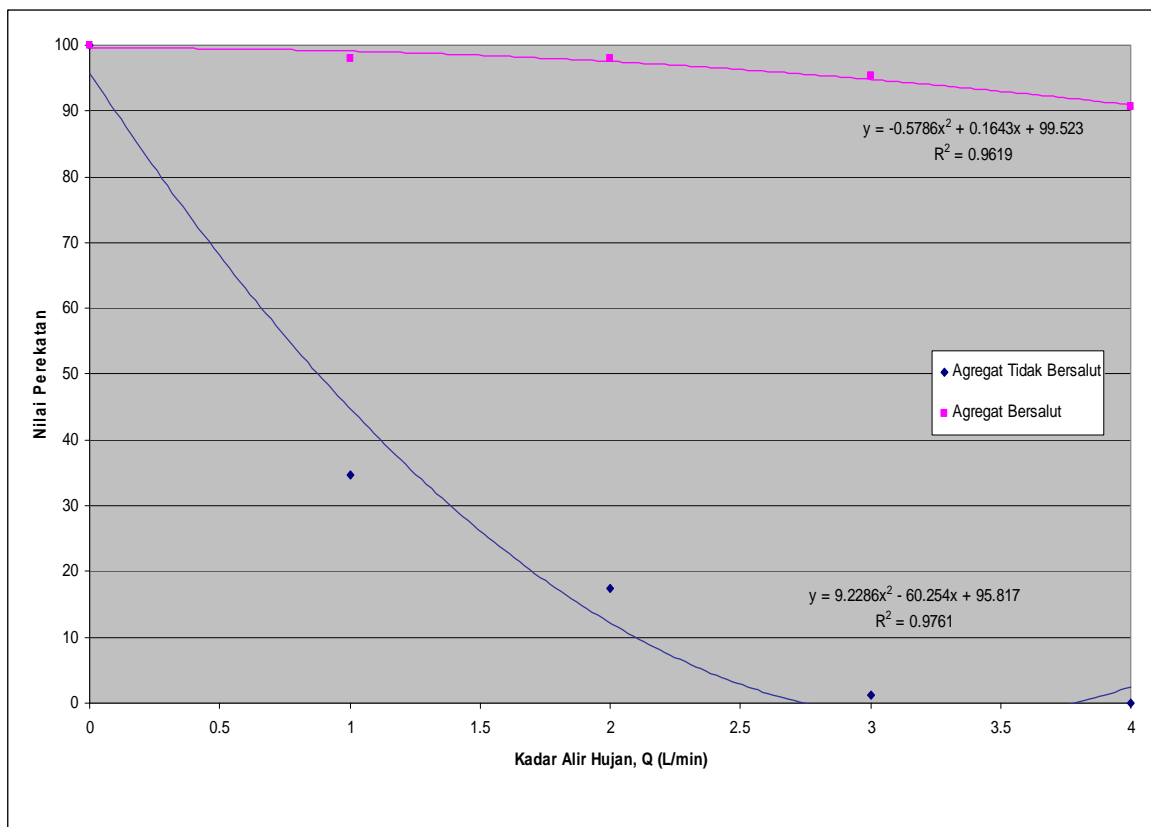
Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat bersalut,  $Q = 2l/min$ )

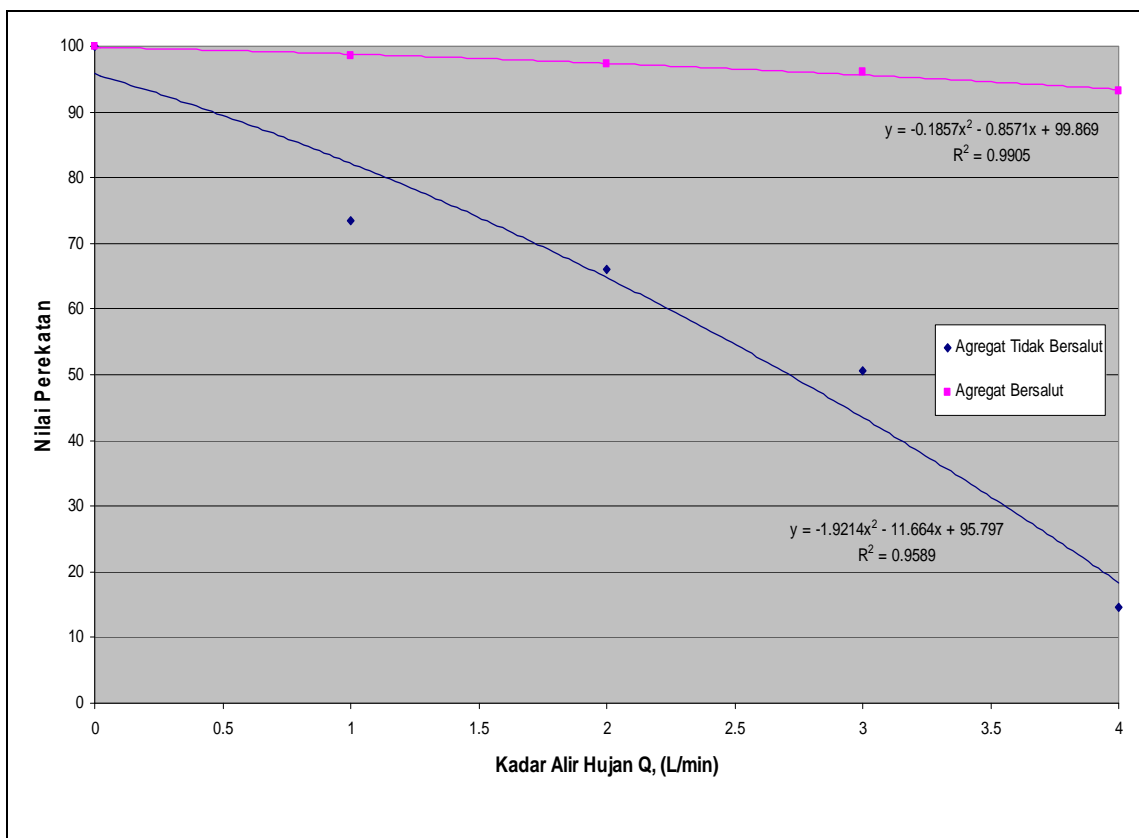
No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	1	0	49	
2	0	0	50	
3	2	0	48	
Nilai min	1	0	49	98

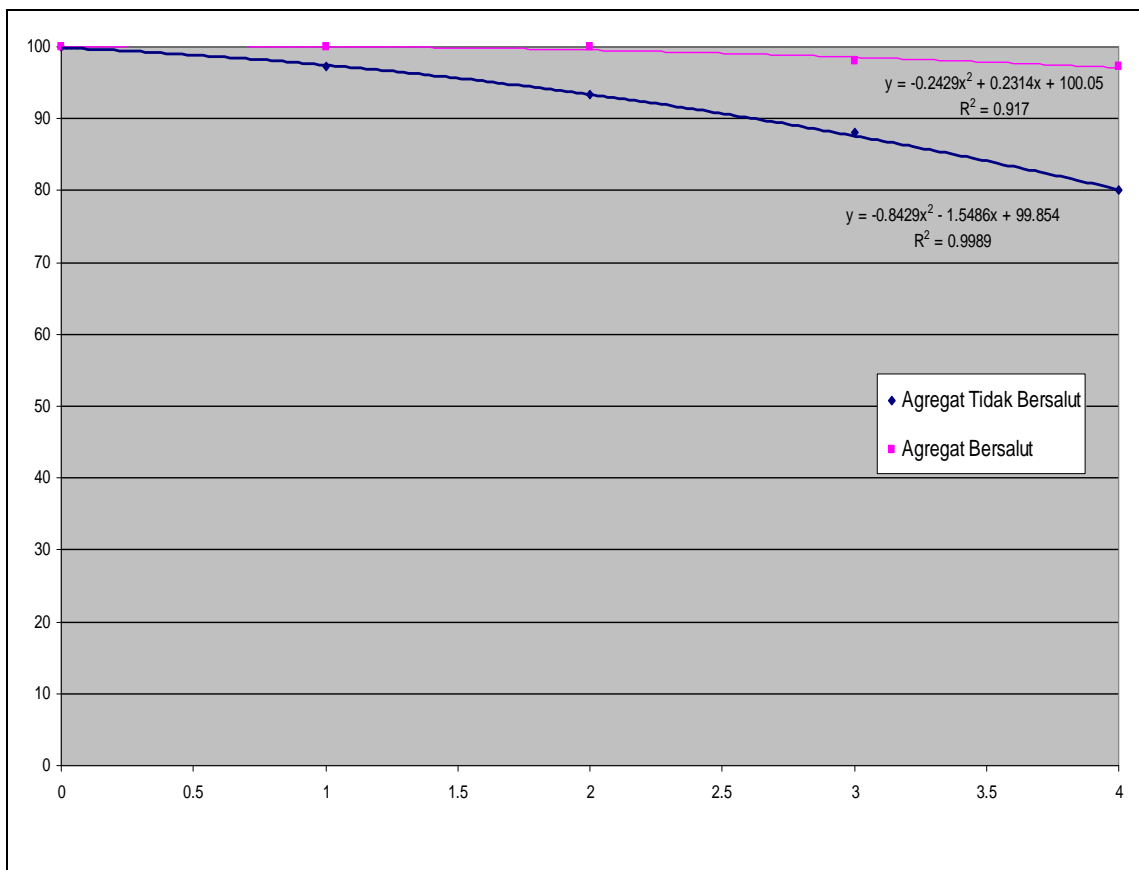
Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat bersalut,  $Q = 3l/min$ )

No. sampel	a	b	c	Nilai Perekatan 2 x (b+c)
1	2	0	48	
2	2	0	48	
3	0	0	50	
Nilai min	1.3	0	48.7	97.3

Keputusan Ujian Vialit (Kes III, agregat bersalut,  $Q = 4l/min$ )

**LAMPIRAN B****Kes I: Ujian Vialit**

**LAMPIRAN C****Kes II: Ujian Vialit**

**LAMPIRAN D****Kes III: Ujian Vialit**



## LAMPIRAN E

### CATIONIC EMULSIFIED ASPHALT

General Requirement: The cationic emulsified asphalt furnished under this specification shall be an emulsion of asphalt cement, water and emulsifying agent. The emulsified asphalt shall be homogeneous. It shall show no separation of asphalt after thorough mixing within 30 days after delivery. It shall meet the following requirements when tested within 30 days of sampling according to AASHTO Method T 59.

GRADE	RAPID SETTING				MEDIUM SETTING						SLOW SETTING			
	CRS-1 <sup>(4)</sup>		CRS-2 <sup>(4)</sup>		CMS-2S		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>TESTS ON EMULSION:</b>														
Saybolt Viscosity @ 25°C, SFS											20	100	20	100
Saybolt Viscosity @ 50°C, SFS	20	100	150*	400	100	450	100	450	100	450				
Settlement, % (5 days) <sup>(1)</sup>		5		5		5		5		5		5		5
Storage Stability, % (1 day) <sup>(2)</sup>		1		1		1		1		1		1		1
Demulsibility 35 ml. 0.8% sodium dioctyl sulfosuccinate, % <sup>(3)</sup>	40		40											
Coating ability & water resistance: Coating, dry aggregate Coating, after spraying Coating, wet aggregate Coating, after spraying					Good Fair Fair Fair		Good Fair Fair Fair		Good Fair Fair Fair					
Particle charge test	Positive		Positive		Positive		Positive		Positive		Positive <sup>(5)</sup>		Positive <sup>(5)</sup>	
Sieve test, % <sup>(7)</sup>		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Cement mixing test, %												2.0		2.0
Classification test	Passes		Passes											
Distillation to 280°C : Oil distillate, % (by volume of emulsion) Residue, % (by weight)		3		3		12 <sup>(6)</sup>		8 <sup>(6)</sup>		8 <sup>(6)</sup>		3 <sup>(6)</sup>		3 <sup>(6)</sup>
	60		65		65		65		65		65		65	
<b>TESTS ON RESIDUE FROM DISTILLATION:</b>														
Penetration @ 25°C, 100g, 5s, dmm	100 <sup>(4)</sup>	250 <sup>(4)</sup>	100 <sup>(4)</sup>	250 <sup>(4)</sup>	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
Ductility @ 25°C, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubility in Trichloroethylene, %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

\* Modification of AASHTO M 208

- (1) The test requirement for settlement may be waived when the emulsified asphalt is used in less than 5 days time; or the purchaser may require that the settlement test be run from the time the sample is received until it is used, if the elapsed time is less than 5 days.
- (2) The 24-hour (1 day) storage stability test may be used instead of the 5-day settlement test.
- (3) The demulsibility test shall be made within 30 days from date of shipment.
- (4) When CRS-1h or CRS-2h is specified, the penetration range is changed from 100-250 dmm to 40-90 dmm.
- (5) Must meet a pH requirement of 6.7 maximum (AASHTO T 200 pH of Aqueous Solutions with the Glass Electrode) if the Particle Charge Test result is inconclusive.
- (6) As required under Oregon Administrative Rules, Chapter 340, Division 232-0120 - Department of Environmental Quality.
- (7) This test requirement on representative samples is waived, if successful application of the material has been achieved in the field. (per AASHTO M-140)

Spesifikasi Bitumen Emulsi (Mayel, 2000)

### LAMPIRAN F

Ciri-Ciri	Kaedah Ujian ASTM	Gred Penusukan 80-100
Penusukan pada suhu 25°C (200gm/5saat) (1/100cm)	D5	80-100
Berat yang hilang selepas dipanaskan untuk 5 jam pada suhu 163°C (%)	D6	Tidak melebihi 0.5
Penusukan yang jatuh selepas dipanaskan selama 5 jam pada suhu 163°C	D6/D5	Tidak melebihi 20
Penusukan tertahan selepas <i>thin film test</i> (%)	D1754/D5	Tidak melebihi 47
Ciri-ciri hancur di dalam karbon disulfida atau trikloroethelene (%)	D2024	Tidak melebihi 99
<i>Flash point</i> (°C)	D92	Tidak melebihi 225
Kemuluran pada suhu 25°C 5cm/min (cm)	D113	Tidak melebihi 100
Titik lembut (ujian cincin dan bebola) (°C)	D36	Tidak kurang daripada 45 dan tidak melebihi 52

Spesifikasi Bitumen Penusukan 80-100 (adaptasi daripada Mayel, 2000)

### LAMPIRAN G

Spesimen	Spesimen Kawalan Enderby	Purata 3 Bacaan Terakhir	Nilai Kawalan Enderby
13	51, 50, 50, 50, 50	50	49.5
14	50, 49, 49, 49, 49	49	

Spesimen	Catatan Nilai Pengukuran	Purata 3 Bacaan Terakhir	Purata 4 Spesimen Berterusan	Nilai Penggilapan Batu
1	48, 48, 47, 46, 46	46	47	48
2	50, 49, 49, 48, 47	48		
3	49, 48, 47, 47, 46	47		
4	48, 48, 47, 46, 46	46		
5	48, 48, 47, 46, 46	46	47	48
6	48, 48, 47, 47, 46	47		
7	49, 48, 47, 47, 47	47		
8	49, 49, 48, 48, 47	48		
9	50, 50, 48, 46, 46	47	47	48
10	49, 48, 48, 48, 48	48		
11	48, 47, 47, 47, 47	47		
12	50, 50, 48, 47, 47	47		
Nilai Penggilapan Batu Bagi Sampel		48		

Keputusan Ujian Nilai Penggilapan Batu (Daniel, 2003)

**LAMPIRAN H**

No. Ujian	Berat Asal (g)	Berat Melepasi Ayak (g)	Peratus Berat Melepasi Ayak (%)
1	2607.8	775.6	29.7
2	2612.4	750.3	28.7
Purata			29

Keputusan Ujian Nilai Penghancuran Agregat (Daniel, 2003)

**LAMPIRAN I**

Saiz Ayak (mm)	Jisim Agregat Diperlukan (g)	Jisim Agregat Asal A (g)	Penggredan Asal Sampel B (%)	Jisim Agregat Selepas Ujian C (g)	% Melepasi Ayak D = $100 (A - C / A)$	% Kehilangan Jisim B x D/100
25-19	500+30	516.0	3.5	515.8	0.04	0.001
19-12.5	670+5	670.0	95.0	996.5	0.40	0.38
12.5-9.5	330+5	330.5				
9.5-4.75	300+5	301.0	1.5	297.8	1.06	0.016
	Jumlah	1817.5	100.0			0.40

Keputusan Ujian Ketahanan (Daniel, 2003)